



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

LUCAS EDUARDO WEBER

**ADITIVOS DE PRAZO EM OBRAS PÚBLICAS: UMA ANÁLISE SOB A ÓTICA
DOS EMPREITEIROS E A APLICABILIDADE DOS CONCEITOS ENXUTOS**

São Cristóvão, SE

Março de 2020

LUCAS EDUARDO WEBER

**ADITIVOS DE PRAZO EM OBRAS PÚBLICAS: UMA ANÁLISE SOB A ÓTICA
DOS EMPREITEIROS E A APLICABILIDADE DOS CONCEITOS ENXUTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial de título de mestre em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Débora de Gois Santos


Coorientador: Prof^o Dr^o Ludmilson Abritta Mendes

São Cristóvão, SE

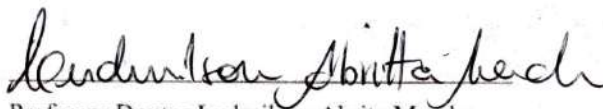
Março de 2020

**ADITIVOS DE PRAZO EM OBRAS PÚBLICAS: UMA ANÁLISE SOB A
ÓTICA DOS EMPREITEIROS E A APLICABILIDADE DOS CONCEITOS
ENXUTOS**

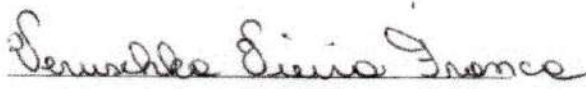
Defesa de dissertação avaliada em: 23/03/2020



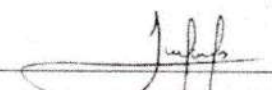
Professora Doutora Débora de Gois Santos
Orientadora – PROEC/UFS



Professor Doutor Ludmilson Abrita Mendes
Coorientador – PROEC/UFS



Professora Doutora Veruschka Vieira Franca
Examinadora externa – PROPADM/UFS



Professor Doutor Luiz Mauricio Furtado Maués
Examinador externo – PPGEC/UFPA

São Cristóvão, SE

Março de 2020

RESUMO

Os empreendimentos públicos objetivam o atendimento a uma demanda social e têm um papel importante para o desenvolvimento social e econômico de uma região. Contudo, são constantemente caracterizados por sua ineficiência e recorrentes atrasos na entrega do objeto. Desta forma, esta pesquisa investiga, sob a ótica dos empreiteiros, quais são os fatores que causam os aditivos de tempo nos contratos de obras públicas e como estes podem ser minimizados aplicando os conceitos da Construção Enxuta. A pesquisa limita-se às obras públicas de órgãos federais localizados em Sergipe. Primeiramente foi feita uma revisão sistemática da literatura sobre construção enxuta, obras públicas, aplicação da construção enxuta em obras públicas e atrasos em obras. Em seguida, foi realizado um mapeamento sistemático da literatura sobre a Construção Enxuta e Obras Públicas, a fim de obter exemplos de aplicabilidade dos conceitos enxutos em empreendimentos públicos para verificar como a temática está sendo tratada. A ferramenta para obtenção dos dados sobre os contratos foi o Portal da Transparência, lançado pelo Ministério da Transparência e Controladoria Geral da União em 2004, que é um endereço eletrônico de acesso livre. Para responder ao problema de pesquisa, um questionário, com perguntas abertas e fechadas, foi elaborado com base na revisão da literatura e foi aplicado com os empreiteiros responsáveis pela execução de cada contrato. Os resultados encontrados demonstram que os principais fatores causadores de aditivos de prazo fazem parte dos aspectos relacionados à concepção do empreendimento, com destaque para os erros nos quantitativos do orçamento. Por serem aspectos anteriores à licitação, as soluções podem ser implementadas nos órgãos públicos. Assim, o uso de ferramentas *Lean* como a engenharia simultânea, o *Target Value Design* e o BIM podem minorar a ocorrência de acréscimo de tempo em obras públicas.

Palavras-chave: Obras Públicas; Aditivos de Prazo; Construção Enxuta.

ABSTRACT

Public works aim to meet social demand and play an important role in the social and economic development of a region. However, they are constantly characterized by their inefficiency and recurring delays in delivering the project. In this way, this research investigates, from the perspective of the contractors, what are the factors that cause deadline extensions in public works contracts and how these can be minimized by applying the Lean Construction concepts. The research is limited to the public works of federal agencies located in Sergipe. First, a systematic review of the literature on lean construction, public works, application of lean construction in public works and delays in works was carried out. Then, a systematic mapping of the literature on Lean Construction and Public Works was carried out, in order to obtain examples of the applicability of lean concepts in public works to verify how the theme is being treated. The tool for obtaining data on contracts was the “Portal da Transparência”, launched by the “Ministério da Transparência” and the “Controladoria Geral da União” in 2004, which is an open access electronic address. To answer the research problem, a questionnaire, with open and closed questions, was prepared based on the literature review and was applied with the contractors responsible for the execution of each contract. The results found demonstrate that the main factors that cause time additives are part of the aspects related to the project design, with emphasis on the errors in the budget figures. As they are aspects prior to bidding, the solutions can be implemented in public agencies. Thus, the use of Lean tools such as concurrent engineering, Target Value Design and BIM can minimize the occurrence of time delays in public works.

Keywords: Public Works; Deadline Extension; Lean Construction

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Justificativa	13
1.2 Problema de pesquisa	13
1.3 Pressupostos	13
1.4 Objetivos	14
1.4.1 <i>Objetivo geral</i>	14
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	14
1.5 Limitações da pesquisa.....	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 Sistema Toyota de Produção e a Produção Enxuta	15
2.2 Conceitos e Origem da Construção Enxuta.....	18
2.3 <i>Making-do</i> e o Kit Completo.....	23
2.4 Ferramentas <i>Lean</i>	27
2.5 Obras Públicas.....	30
2.6 Atraso em obras.....	38
2.7 <i>Lean</i> e Obras Públicas	42
3 MÉTODO DE PESQUISA	47
3.1 Etapas da pesquisa.....	47
3.2 Mapeamento Sistemático da Literatura	48
3.2.1 <i>Definição dos termos de pesquisa</i>	49
3.2.2 <i>Escolha das bases de dados</i>	49
3.2.3 <i>Formulação da string de busca</i>	49
3.2.4 <i>Crêterios para a seleçôo de artigos</i>	50
3.2.5 <i>Amostragem bola de neve</i>	50
3.2.6 <i>Extraçôo, análise e síntese dos resultados</i>	50
3.2.7 <i>Resultados do MSL</i>	50
3.3 Definição do Universo de Estudo.....	54
3.4 Análise dos Contratos.....	55
3.5 Amostra Representativa	56
3.6 Elaboração e Aplicação dos Questionários	56
3.7 Análise Estatística	57
4 RESULTADOS.....	58
4.1 Análise dos Contratos.....	58

4.2 Amostra Representativa	60
4.3 Principais causas dos aditivos de prazo em obras públicas – Aplicação dos questionários.....	60
5 CONCLUSÕES	79
REFERÊNCIAS	81
APÊNDICE A - Questionário para a identificação das principais causas de aditivo de prazo em obras públicas pelos empreiteiros.....	87
APÊNDICE B – Testes estatísticos de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney	91

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Pilares do Sistema Toyota de Produção.....	16
Figura 2: Modelo de processo na filosofia gerencial tradicional.....	19
Figura 3: Modelo de processo da Construção Enxuta.....	20
Figura 4: As condições prévias para a realização de uma atividade de construção.....	24
Figura 5: Passos realizados para o mapeamento sistemático.....	48
Figura 6: Número de artigos publicados em cada ano.....	51
Figura 7: Número de publicações por autor.....	53
Figura 8: Localização dos fornecedores.....	58
Figura 9: Principais motivadores de aditivo de prazo nas obras estudadas.....	65
Figura 10: Principais motivadores de aditivo de prazo em obras de Infraestrutura.....	67
Figura 11: Principais motivadores de aditivo de prazo em obras de Construção.....	68
Figura 12: Principais motivadores de aditivo de prazo em obras de Reforma.....	69
Figura 13: Influência de cada aspecto.....	72
Figura 14: Influência de cada aspecto para cada tipo de obra.....	73
Figura 15: Nuvem de palavras sobre qual o principal motivo para a existência de aditivos de prazo em obras públicas.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Ferramentas <i>Lean</i> para práticas de projetos de engenharia.....	27
Quadro 2: Principais causas de aditivos de prazo em obras públicas e autores que as citaram...	42
Quadro 3: Métricas avaliadas em uma instituição pública.....	44
Quadro 4: Número de publicações por ano de cada país.....	52
Quadro 5: Número de publicações de cada meio de publicação.....	53
Quadro 6: Número de publicações por tipo de abordagem.....	54
Quadro 7: Número de Contratos por estado da sede das empresas.....	59
Quadro 8: Ferramentas <i>Lean</i> e seus benefícios para cada fator motivador de atraso em obras públicas.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise estatística dos aditivos de prazo.....	59
Tabela 2: Resultados para os fatores relacionados à Aspectos Naturais.....	60
Tabela 3: Resultados para os Aspectos Relacionados à Concepção do Empreendimento.....	61
Tabela 4: Resultados para os Aspectos Relacionados à Construção.....	62
Tabela 5: Resultados para os Aspectos Relacionados ao Gerenciamento de Contrato.....	63
Tabela 6: Resultados para os Aspectos Financeiros e Econômicos.....	64
Tabela 7: Resultados para os Aspectos Legais.....	64

1 INTRODUÇÃO

Conforme Oliveira e Melhado (2002), os empreendimentos públicos têm como objetivo principal o atendimento a uma demanda social, independentemente de ter ou não uma relação direta com a população em geral. Esta particularidade é devida ao fato do seu empreendedor ser o Estado, que representa os cidadãos que o compõem. Além disso, os mesmos devem privilegiar o uso coletivo, portanto devem ser idealizados para atender às reais necessidades dos usuários e estratégias políticas dos dirigentes responsáveis.

O setor de obras públicas sempre foi destaque no grupo de investimentos da Administração Pública, seja pela sua materialidade, seja por sua importância social da conclusão do empreendimento para a comunidade (ALTOUNIAN, 2012). No entanto, conforme o mesmo autor, apesar de sua grande importância, os empreendimentos públicos de construção são frequentemente caracterizados por irregularidade no uso do recurso público, como superfaturamento, direcionamento, demora na conclusão ou, até mesmo, abandono dos empreendimentos.

Santos, Starling e Andery (2014) realizaram um estudo onde foram analisadas 126 obras de uma autarquia municipal entre os anos de 2009 e 2013. Do conjunto de 126 obras, 121 (96%) tiveram o seu prazo original aditado, implicando aumentos, em média, de 111% dos prazos iniciais. Em relação a aditivo de valor, 77 (61%) tiveram seu orçamento original acrescido em média 17%.

Ainda na mesma pesquisa, Santos, Starling e Andery (2014) realizaram entrevistas com os engenheiros da empresa contratada, a fim de perguntar qual o principal fator para os aditivos de prazo e custo ocorrerem. As opções foram: (a) interferências dos usuários das obras; (b) interferências da contratante (autarquia); (c) interferências das empresas contratadas para a realização das obras; (d) deficiências nos projetos; (e) qualidade dos materiais empregados nas obras; (g) qualificação e treinamento da mão de obra utilizada nas obras e (h) fatores externos. Dentre essas opções, todos responderam que (d) deficiência nos projetos é o principal fator responsável pelos aditamentos de contratos de obras públicas.

Segundo Brasil e Salgado (2012), existem particularidades que diferenciam a elaboração de projetos de edificações para o setor público e para o setor privado. Eles afirmam ainda que existem diversos estudos sobre a organização e a gestão do processo de projeto para o setor privado, mas há uma carência de pesquisas voltadas ao setor de obras públicas.

Além dos problemas de prazo e custo, existem os problemas de qualidade das obras públicas. Brasil e Salgado (2012) estudaram sobre a influência da gestão do processo de projeto na durabilidade das edificações. Para isso, analisaram-se as etapas do processo de projeto e os entraves identificados no processo administrativo de contratações de obras públicas e projetos. Concluiu-se que a ausência de um processo ordenado e integrado de produção dos projetos, bem como a execução das edificações públicas, podem resultar em posteriores manifestações patológicas nos sistemas e levar à redução da via útil da edificação.

Philippsen Junior e Fabricio (2011) afirmam que há um baixo grau de interação e comunicação entre as especialidades principais no projeto de edificações públicas. Além disso, a baixa qualidade dos projetos licitados gera um alto percentual de problemas durante a execução da obra.

Bretas (2010) afirma que a coordenação de projetos, baseadas em premissas de projeto simultâneo, é um fator de integração entre as etapas do processo de projeto de edificações públicas, fragmentado por limitações legais e organizacionais, melhorando as interfaces com o cliente, entre as diferentes disciplinas e agentes envolvidos entre projeto e obra.

Campos (2010) elaborou um modelo de Termo de Referência baseado nos princípios do projeto simultâneo. Após a aplicação do mesmo, verificou-se uma melhoria nas relações entre contratante e contratada, redução dos prazos contratuais, integração das equipes de projetistas, redução de revisões, maior qualidade das soluções de projeto e uma valorização do projeto.

Neves et al. (2017) constataram que erros no projeto e no orçamento são os principais geradores de aumento de custos em obras públicas. Quanto ao prazo, concluiu-se que a estrutura técnica e financeira da empresa, além dos erros de projeto, são os fatores mais relevantes para o não cumprimento do mesmo. Quanto à proposta de melhoria, os entrevistados sugeriram uma maior integração entre as equipes, melhorias no processo e a utilização do BIM (*Building Information Modelling*).

Como é possível observar, as principais causas para aumento de prazo e custos em obras públicas são originadas por problemas no início da gestão dos projetos. Um gerenciamento adequado durante a elaboração do projeto, desde os desenhos e especificações até a orçamentação, é de suma importância para a manutenção do prazo e custo original.

Nesse contexto, as pesquisas mostram que a melhoria do gerenciamento de projetos através da aplicação da engenharia simultânea, maior integração entre a equipe de projetistas e a utilização da metodologia BIM (*Building Information Modelling*) são o caminho para a

melhoria dos problemas de prazos e custos de obras públicas (UMSTOT; FAUCHIE; ALVES, 2014; BAJJOU; CHAFI, 2018; NEVES et al., 2018; MONYAME; EMUE; CRAFFORN, 2018). Tais soluções estão ligadas à filosofia do *Lean Construction*, desenvolvido por Koskela (1992).

Koskela (1992), em seu estudo, apresentou uma nova filosofia de produção, denominada construção enxuta. Nela, o autor exibiu um conjunto de princípios visando uma maior industrialização do processo e a redução das atividades que não agregam valor ao produto.

1.1 Justificativa

Verifica-se ainda que o atraso na entrega de uma obra pública atinge toda população, seja na falta de um hospital para cuidar de sua saúde, na falta de infraestrutura urbana, saneamento básico, escolas etc. Os empreendimentos públicos estão diretamente ligados ao cotidiano de toda população de uma nação, o que faz necessário a realização de estudos com a finalidade de buscar melhorias para uma maior eficiência nos gastos públicos e para evitar atrasos na entrega das obras.

Ademais, o aumento de prazo geralmente está associado a um aumento de custos de uma obra pública, o que prejudica o planejamento da administração devido à constante necessidade de ter um novo empenho de recurso para viabilizar a finalização do projeto.

1.2 Problema de pesquisa

O problema de pesquisa deste trabalho parte de uma motivação do pesquisador de buscar a melhoria dos serviços públicos, bem como por observar que as pesquisas nesse setor se voltam para o entendimento dos atrasos em obras na visão apenas do contratante. A fim de atender adequadamente à população e de preencher essa lacuna de conhecimento, são feitas as seguintes perguntas: Por que as obras públicas normalmente são entregues com atraso? Como melhorar essa situação considerando também requisitos dos fornecedores de serviço (empreiteiros)?

1.3 Pressupostos

Essa pesquisa parte do pressuposto de que os aditivos de prazo dos empreendimentos públicos são devidos ao planejamento inadequado dos projetos, ao tempo reduzido para elaboração dos projetos, aos erros na elaboração do orçamento, aos erros na elaboração do cronograma físico-financeiro previsto, à falta de capacitação dos gestores envolvidos, à falta de comunicação entre os setores organizacionais e aos problemas no fluxo da elaboração do projeto.

Além disso, pressupõe-se que a aplicabilidade dos conceitos do pensamento enxuto constitui-se em solução viável para os problemas de aditivo de prazo existentes.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

O objetivo geral da pesquisa consiste em verificar os motivos que levam à necessidade de aditivos de prazo em obras públicas sob a ótica dos empreiteiros e apresentar alternativas para solução desses fatores utilizando os princípios da construção enxuta.

1.4.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Realizar um mapeamento sistemático na literatura para identificar as principais pesquisas que relacionam obras públicas e *Lean Construction*.
- Levantar o panorama sobre o número de obras públicas federais do Poder Executivo em Sergipe com aditivo de prazo nos últimos anos.
- Identificar quais os principais grupos de fatores que geram aditivos em obras públicas.
- Comparar se há diferença entre os motivos que geram aditivos de prazos nos três grupos de obras (reforma, construção e infraestrutura).
- Propor melhorias no planejamento do processo utilizando a aplicação de ferramentas *Lean*.

1.5 Limitações da pesquisa

A pesquisa será feita apenas com as obras públicas realizadas por órgãos federais do Poder Executivo no estado de Sergipe. Ademais, os fatores que levam a aditivos de prazo serão verificados sob a ótica dos empreiteiros e não levarão em consideração a opinião dos agentes públicos nem dos usuários.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Sistema Toyota de Produção e a Produção Enxuta

Segundo Valente e Aires (2017), com o fim da Segunda Guerra Mundial, o Japão estava muito abalado emocionalmente e economicamente. Na área industrial, a Toyota, na tentativa de reconstruir sua indústria, percebeu que deveria reduzir suas perdas de produção, bem como aumentar a sua qualidade para se tornar mais competitiva. Desta forma, mediante a visão inovadora e empreendedora de Kiichiro Toyoda, a Toyota foi reerguida com base em uma nova forma de pensar, diferente do modelo de produção em massa, predominante na época, onde diziam que as produções deveriam ser baseadas em grandes quantidades.

Kiichiro percebeu que o modelo de produção em massa não funcionaria nas fábricas da Toyota, pois, na época, existia um baixo mercado consumidor interno, concorrência internacional e os problemas da própria economia japonesa. Assim, com a ajuda dos engenheiros Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, começaram a trilhar os conceitos do Sistema Toyota de Produção (STP), cujos principais objetivos eram reduzir as perdas de produção, manter o fluxo contínuo e aumentar a qualidade (VALENTE; AIRES, 2017).

Ohno (1997) afirma que a base do Sistema Toyota de Produção é a total eliminação da perda. Para alcançar esse objetivo, os dois pilares de sustentação desse sistema são o *Just in Time* e a Autonomiação (Jidoka).

Ainda, segundo Ohno (1997), o *Just in time* significa que, em um processo de fluxo, os insumos necessários para a produção alcançam a linha de montagem no momento correto que eles serão necessários e somente na quantidade necessária. Desta forma, é possível uma empresa chegar ao estoque zero.

Motta (1993) afirma que o *Just in Time* (JIT) é uma técnica que se utiliza de várias regras e normas para modificar o ambiente produtivo, ou seja, é uma técnica de gerenciamento que pode ser aplicada tanto na área de produção como em outras áreas da empresa. A viabilização do JIT depende de três fatores intrinsecamente relacionados: fluxo contínuo, *takt time* e produção puxada (GHINATO, 2000).

Shingo (1996) explica que a autonomiação separa completamente os trabalhadores das máquinas por meio do uso de mecanismos sofisticados para detectar anormalidade de produção. Ou seja, uma máquina deve ser capaz de detectar e corrigir os seus próprios problemas operacionais. Contudo, é muito caro e tecnicamente difícil fazer com que a própria máquina detecte e corrija qualquer anomalia na produção. No entanto, com um custo relativamente

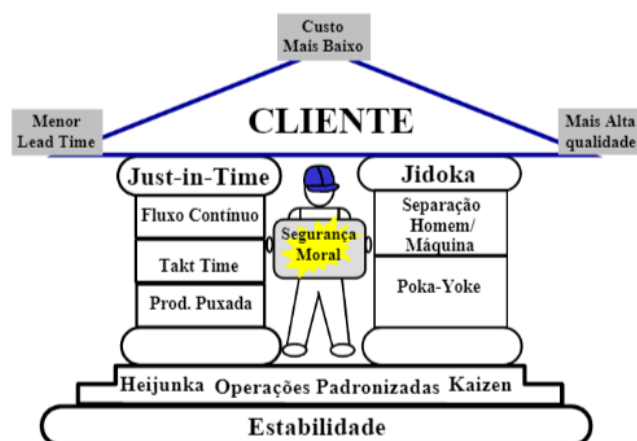
baixo, é possível projetar as máquinas para detectar problemas e deixar a correção dos mesmos aos trabalhadores.

Ohno (1997) explica que, na Toyota, uma máquina automatizada com um toque humano é aquela que está acoplada a um dispositivo de parada automática. Além desse tipo de dispositivo, as máquinas de todas as fábricas da Toyota foram equipadas com outros dispositivos de segurança, de parada de posição fixa, com o sistema de trabalho completo e sistemas *poka-yoke*¹ à prova de erros para impedir produtos defeituosos. Assim, é dado um toque humano às máquinas.

Ghinato (2000) apresenta a Figura 1 onde representa o Sistema Toyota de Produção (STP) com seus dois pilares, o JIT e o Jidoka, além de outros componentes essenciais do sistema. De acordo com esse modelo, o objetivo da Toyota é atender da melhor maneira as necessidades do cliente, fornecendo produtos e serviços de alta qualidade, com o menor custo e no menor *lead time* possível. Tudo isso inserido em um ambiente de trabalho onde segurança e moral dos trabalhadores constituem-se em preocupação fundamental da gerência.

O *Lean Construction*, ou Construção Enxuta foi proposta por Koskela (1992) como uma aplicação dos princípios da produção enxuta na construção civil. Desta forma, antes de dissertar sobre a Construção Enxuta em si, será feito um breve histórico sobre a Produção Enxuta, que é a aplicação do STP em diversos tipos de empresas, conforme descrito a seguir.

Figura 1: Pilares do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Ghinato (2000).

¹ O *poka-yoke* é uma melhoria na forma de um dispositivo ou fixador que ajuda a atingir 100% de produtos aceitáveis, impedindo a ocorrência de produtos defeituosos (SHINGO, 1996).

Ohno (1997) propôs que as perdas presentes em um sistema produtivo fossem classificadas em 7 grandes grupos:

- Perda por super-produção: Produzir mais do que o necessário para a próxima etapa da produção. Este tipo de perda é crítico, pois pode esconder os outros tipos de perdas como perdas por produtos defeituosos e perdas decorrente de espera do processo. Deve-se produzir apenas o necessário.
- Perda por espera: Quando os trabalhadores ou máquinas estão parados em vez de estarem produzindo (gerando valor). Quanto maior esse tempo, maior o custo de produção para uma mesma quantidade.
- Perda por transporte: Está diretamente ligada a todas as atividades de movimentação de materiais que não agregam valor ao produto e geram custos.
- Perda no próprio processamento: Está relacionada às atividades de processamento que não são necessárias para a geração de valor do produto para o cliente.
- Perda por movimentação: Ocorre quando os funcionários executam movimentos dispensáveis para a produção, ou seja, está se movimentando não significa estar trabalhando.
- Perda por fabricação de produtos defeituosos: Está associada à produção de produtos que não atendem aos requisitos mínimos de qualidade ou em desconformidade com o projeto.

Essas categorias de perdas são clássicas e amplamente difundidas no setor automobilístico e em outros. Com a publicação “A máquina que mudou o mundo”, de Womack et al. (1992), os conceitos do STP foram estudados pelos pesquisadores americanos e difundidos inicialmente na indústria automobilística e posteriormente em outros setores, com o nome Produção Enxuta (PE).

A PE propõe que existe uma Mentalidade Enxuta. Valente e Aires (2017) definem a Mentalidade Enxuta (*Lean Thinking*) como um sistema, uma cultura que fornece à organização métodos de pensar buscando a eliminação de perdas durante os processos, sejam estas de caráter humano, material ou ferramental, o que se pode resumir em fazer mais com menos.

De acordo com Womack e Jones (2003), existem cinco princípios básicos dentro do *Lean Thinking*:

- Valor: O valor é definido sob a ótica do cliente, ou seja, o quanto o cliente está disposto a pagar pelo produto ou serviço, o que ele deseja e espera realmente. O valor é definido pelo cliente e não pela empresa.
- Fluxo de Valor: Consiste em desmembrar toda a cadeia produtiva a fim de definir por onde o “valor” passa. Desta forma, consegue-se separar os processos produtivos em três tipos: os que geram valor; os que não geram valor, mas são importantes para a continuidade dos processos e os que não geram valor e não são importantes, estes últimos que devem ser eliminados da cadeia produtiva.
- Fluxo Contínuo: Consiste no produto fluindo por todo o processo, sem sofrer interrupções, realizando atividades que agregam valor, eliminando a perda e reduzindo o *lead time*.
- Sistema Puxado: O fluxo produtivo é invertido em relação ao sistema tradicional, ou seja, a produção é ativada pelo consumidor, o atendimento é feito de acordo com a solicitação/necessidade do setor, fase ou serviço subsequente, de forma que o processo seja executado do final para o início da linha de produção.
- Melhoria Contínua: Busca constante do aperfeiçoamento dos processos através do aprendizado contínuo de todas as equipes, reduzindo, assim, perdas de todas as formas e criando valor ao produto.

Esse fluxo contínuo passou a ser explorado, buscado, por diversos autores. Deste modo, a filosofia adotada pela Toyota acabou por revolucionar a forma de se produzir automóveis, destacando-se em relação aos tradicionais sistemas de produção em massa. A filosofia *Lean*, ao longo dos anos, chegou em outras indústrias de manufaturas, tecnologia da informação, até mesmo na construção civil, denominada *Lean Construction* (VALENTE; AIRES, 2017).

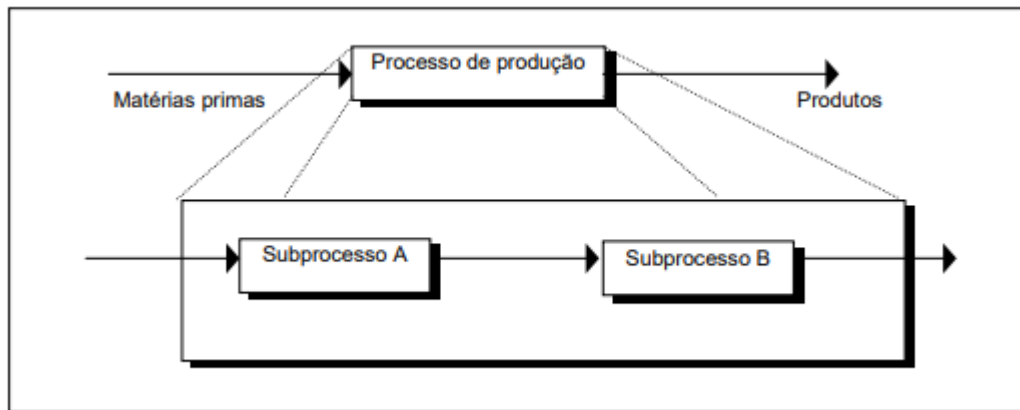
2.2 Conceitos e Origem da Construção Enxuta

A Construção Enxuta foi idealizada por Koskela (1992) através do seu trabalho denominado *Technical Report n.º. 72: Application of the new production philosophy to construction*. Nessa realidade, a filosofia proposta busca a redução ou eliminação de perdas e a garantia do fluxo contínuo no processo produtivo.

De acordo com Koskela (1992), a diferença básica entre a filosofia gerencial tradicional e a *Lean Production* é fundamentalmente conceitual. A mudança mais importante para a implantação do novo paradigma é a introdução de uma nova forma de compreender os processos.

O modelo tradicional costuma definir a produção como um conjunto de atividades de conversão, que transformam insumos (materiais, informação) em produtos intermediários (alvenaria, estrutura, revestimento) ou final (edificação), conforme Figura 2.

Figura 2: Modelo de processo na filosofia gerencial tradicional



Fonte: Isatto et al. (2000)

Conforme Koskela (1992), o modelo tradicional apresenta as seguintes características:

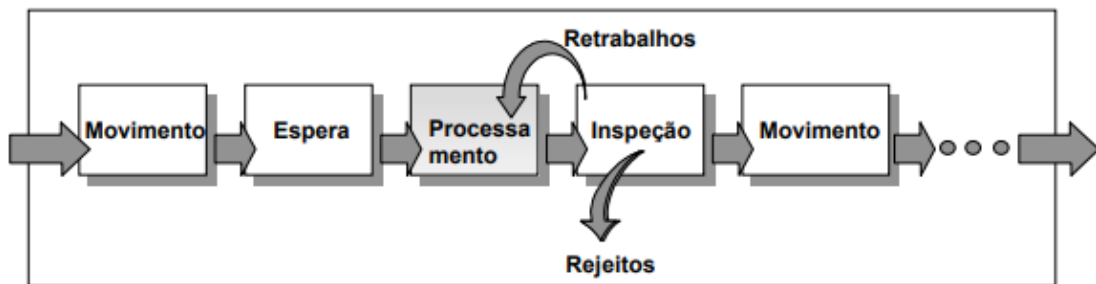
- Processo de conversão pode ser subdividido em subprocessos, que também são processos de conversão;
- Esforço de minimização do custo total de um processo é focado no esforço de minimização do custo de cada subprocesso separadamente;
- Valor do produto de um subprocesso é associado somente ao custo (ou valor) dos seus insumos.

Koskela (1992) critica este modelo, que é comumente utilizado nos orçamentos convencionais que são confeccionados considerando apenas as atividades que agregam valor ao produto. Ele afirma que existe uma parcela de atividades de fluxo (que não agregam valor) que não são consideradas nesses orçamentos. Além disso, o controle da produção e o esforço de melhorias são concentrados nos subprocessos individuais e não no Sistema de construção, e não são considerados os requisitos dos clientes durante a produção.

A construção enxuta, assim como o modelo tradicional, tem o objetivo de atender melhor às necessidades dos clientes e usar menos de tudo. Contudo, diferentemente do modelo tradicional, a construção enxuta se apóia nos princípios de gerenciamento da produção (HOWELL, 1999).

O modelo da Construção Enxuta assume que um processo consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria prima até o produto final, onde estão contidas atividades de transporte, espera, processamento e inspeção. Apenas as atividades de processamento (conversão) agregam valor ao produto final, as demais são denominadas atividades de fluxo (Figura 3) (FORMOSO, 2002).

Figura 3: Modelo de processo da Construção Enxuta



Fonte: Koskela (1992)

Em essência, o novo modelo impõe uma visão dupla da produção: ela consiste em conversões e fluxos. A eficiência total da produção é atingida com a eficiência de ambos (KOSKELA, 1992).

Desta forma, com o objetivo de mensurar, verificar, controlar e aprimorar os processos de fluxo, Koskela (1992) apresenta 11 princípios da Construção Enxuta que têm como base uma abordagem da qualidade com o intuito de redução do que não agrega valor ao processo. Destacam-se a redução da variabilidade, os esforços de gestão são para reduzir tempo de ciclo e a gestão baseada no valor com o objetivo de aumentar o valor de saída.

Os princípios são (KOSKELA, 1992; ISATTO et al., 2000; FORMOSO, 2002):

- Reduzir a percentagem das atividades que não agregam valor: São definidas atividades que agregam valor como aquelas que converte material e/ou informação naquilo que é exigido pelo cliente. As atividades que não agregam valor, segundo ele, são aquelas que tomam tempo, recurso ou espaços e não agregam valor.

É um dos princípios fundamentais da Construção Enxuta, em que a eficiência dos processos pode melhorar e as perdas reduzidas. As perdas também podem ser reduzidas pela eliminação das atividades de fluxo.

As principais causas de existirem atividades que não agregam valor são projeto, ignorância e a natureza intrínseca da produção.

Algumas atividades que não agregam valor ao processo, mas produzem valor para os clientes internos são planejamento, contabilidade e prevenção de acidentes. Por outro lado, acidentes e defeitos não têm valor para ninguém e devem ser eliminados.

- Aumentar o valor de saída através de uma análise sistemática das necessidades do cliente: Para cada atividade, há dois tipos de cliente: os clientes internos (que farão as próximas atividades) e o cliente final. O valor é gerado através do cumprimento das necessidades do cliente e não como um mérito inerente da conversão. Contudo, em muitos processos, os clientes não têm sido identificados, nem as suas necessidades esclarecidas.

Os requisitos dos clientes devem ser claramente identificados e o projeto e a gestão da produção deve ser elaborado com base nessas necessidades.

- Redução da variabilidade: Do ponto de vista do cliente, um produto uniforme é melhor. Além disso, qualquer desvio de um valor-alvo no produto causa uma perda. Deve-se então reduzir a incerteza e aumentar a previsibilidade.

As formas apresentadas por Koskela (1992) para alcançar esses objetivos são a padronização das atividades e a não utilização de materiais defeituosos através da implantação de um dispositivo *poka-yoke*.

- Reduzir o tempo de ciclo: O tempo de ciclo é definido como a soma do tempo de processamento, tempo de inspeção, tempo de espera e tempo de movimento. Para reduzir o tempo de ciclo, ele afirma que devem procurar soluções para reduzir a inspeção, o movimento, a espera, além de diminuir o ciclo de detecção e correção de erros.

Quanto maior o número de camadas hierárquicas, maior o tempo de ciclo na resolução de problemas. Com isso, diminuir as camadas organizacionais, fortalecendo, assim, as pessoas que trabalham diretamente no fluxo, diminui o tempo de ciclo.

- Simplificar minimizando o número de etapas e de partes: Sistemas complexos são menos confiáveis que sistemas simples/conhecidos. Simplificação envolve a redução do número de componentes de um produto e a redução no número de

passos em um fluxo de material ou informação. Para isso, deve-se fazer a retirada de partes que não agregam valor e a reconfiguração das partes ou passos que agregam.

Este princípio está diretamente ligado a sistemas construtivos racionalizados. Quanto menor o número de passos e componentes, menor a chance de aparecerem atividades que não agregam valor.

Como forma de aplicar esse princípio, pode-se usar como exemplo a aplicação de elementos pré-fabricados e a organização adequada do canteiro para diminuir as atividades de fluxo.

- Aumento da flexibilidade de saída: Este princípio está ligado à possibilidade de flexibilização do produto, sem que haja dificuldade para essa alteração. Como forma de obter essa flexibilidade, Koskela (1992) sugere a modularização do produto.

Para aplicar essa flexibilidade, deve-se minimizar os lotes para aproximá-los da demanda; reduzir a dificuldade de *setups*; personalizar o mais tarde possível; treinar uma força de trabalho multi-qualificada.

- Aumentar a transparências do Processo: A falta de transparência no processo aumenta a propensão a errar, reduz a visibilidade do erro e diminui a motivação a melhoria.

Este princípio está diretamente ligado a ferramentas visuais, ou seja, deixar o canteiro o mais visível e identificado possível, mantendo-o limpo e bem sinalizado, além do uso de controles visuais como auxiliador da produção.

- Foco do controle no processo completo: Deve-se conhecer o processo como um todo para ser possível o reconhecimento dos resultados da empresa e propor soluções eficientes.

Em organizações hierárquicas, gerentes de processos são nomeados para serem responsáveis pela eficiência e eficácia daquele processo. Uma forma mais radical seria deixar as equipes autogeridas controlarem o processo.

- Construção da melhoria contínua: O gestor deve estar sempre aberto a receber ou buscar informações relevantes para agregar valor ao processo. Para isso, deve-se

realizar treinamentos na obra, introduzir novos procedimentos e equipamentos, e motivar os trabalhadores a sugerir melhorias no processo.

- **Melhoria do equilíbrio de fluxo com melhoria de conversão:** A construção tradicional era voltada, prioritariamente, para a melhoria das atividades de conversão, enquanto as atividades de fluxo eram negligenciadas.

Este princípio está ligado à busca de um equilíbrio entre as melhorias de fluxo e conversão. Deve-se procurar melhorar os dois tipos de atividade sempre.

- *Benchmarking:* O objetivo desse princípio é comparar as atividades realizadas entre as empresas com o intuito de identificar as melhores práticas desenvolvidas pelo mercado.

A aplicação dos princípios enxutos, bem como a identificação das perdas propostas pelo STP, é estudada por muitos pesquisadores, conforme mencionado, como forma de estabilizar as falhas no sistema produtivo.

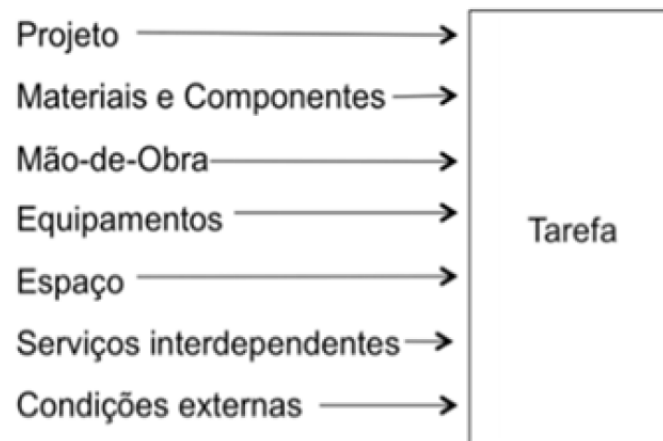
Surgem palavras chaves importantes, como fluxo, perdas, valor, agregar valor, processo, dentre outros que serão explorados nesta pesquisa. Nesse contexto, destaca-se inicialmente o termo perda, quando na construção civil, surge a perda do tipo *making-do*, proposta por Koskela (2004), que deve ser reduzida ou minimizada. Essa perda e sua interação com o processo produtivo serão detalhadas no próximo tópico.

2.3 Making-do e o Kit Completo

Em sua tese, Koskela (2000) apresenta 7 pré-condições para a execução de uma atividade de construção (Figura 4). Segundo o autor, isso é necessário para garantir a continuidade do fluxo. Ele chama essas pré-condições de fluxo e muitos desses fluxos costumam ter alta variabilidade devido às particularidades da construção, assim, a probabilidade de falta de um desses fluxos é considerável.

O termo fluxo então chama a atenção, uma vez que, já no documento de 1992, Koskela afirma, assim como os trabalhos de Ohno (1997), Shingo (1996) e Ghinato (2000), que o fluxo não agrega valor ao processo. Portanto, as atividades de fluxo devem ser reduzidas ou minimizadas. Porém, se ocorrer um problema com um dos sete fluxos da Figura 4, o processo é interrompido.

Figura 4: As condições prévias para a realização de uma atividade de construção



Fonte: Koskela (2000)

Observa-se ainda nos conceitos da Produção Enxuta que é destacado o termo valor (“valor” e “fluxo de valor”). Esse termo é abordado por Koskela (2000), em sua tese, quando o autor apresenta os três conceitos históricos de visão sobre a produção: Transformação, Fluxo, Valor.

O conceito de Transformação é aquele em que a produção é vista como uma transformação de entrada e saídas de insumos e produtos. Neste conceito, o gerenciamento da produção equivale a decompor a transformação total em transformações e tarefas elementares, adquirindo os insumos para essas tarefas com os custos mínimos possíveis e realizando-as de forma mais eficiente (KOSKELA, 2000).

O segundo conceito é o de Fluxo. Em adição ao primeiro, é reconhecida a existência de espera, inspeção e movimento durante o processo de produção. A teoria das filas ensina que a variabilidade é um determinante crucial para o comportamento dos fluxos. O gerenciamento da produção busca minimizar a parcela de atividades de não-transformação no fluxo da produção, especialmente para reduzir a variabilidade (KOSKELA, 2000).

O terceiro conceito é o de Valor, onde a produção é vista como um conjunto de necessidades dos clientes. O gerenciamento da produção equivale a traduzir as necessidades dos clientes em uma solução projetada, e que os produtos produzidos sejam conforme especificados no projeto (KOSKELA, 2000).

Entende-se cliente como o cliente interno e o externo ao processo. Koskela (1992) define que o valor é gerado pelos requisitos dos clientes e que para cada atividade existem dois tipos de cliente, a próxima atividade (cliente interno) e o consumidor final (cliente externo).

Com base nesses três conceitos, Koskela (2000) propôs que a produção é fruto da integração entre eles e assim surgiu o conceito de transformação-fluxo-valor (TFV). Desta forma, o modelo de transformação é responsável pelas conversões que agregam valor, o conceito de fluxo pelas atividades que não agregam valor e o conceito de valor pelo controle e direcionamento da produção sob a ótica das necessidades do cliente.

Associando o modelo TFV com as pré-condições para o trabalho (Figura 4), ou seja, as condições prévias para a realização de uma tarefa de construção, Koskela (2004) sugere uma oitava categoria de perda denominada *making-do*, que é adicionada às sete categorias de perdas citadas por Ohno (1997).

O *making-do* como perda refere-se a uma situação em que uma tarefa se inicia sem todos os pré-requisitos ou quando uma tarefa continua mesmo que apenas um pré-requisito se esgote (KOSKELA, 2004). O autor reforça que os pré-requisitos não são apenas os materiais, mas também maquinário, ferramentas, pessoal, instruções, condições externas, entre outros. Koskela (2004) cita que uma das suas fontes de inspiração para criar a perda do *making-do* foi o trabalho de Ronen (1992), que trata sobre o Kit Completo que é a quantidade de itens, componentes, desenhos, documentos e informações necessárias para completar uma tarefa. Verifica-se então que os sete fluxos propostos por Koskela (2000) seriam esse Kit completo para a construção civil.

Ronen (1992) fala que, para entender a importância do kit completo, é importante perceber os problemas causados pelo kit incompleto; segundo o autor, os problemas são os seguintes:

- Mais *work-in-progress* (WIP) (trabalho em progresso): Isso ocorre porque invariavelmente a atividade estará esperando a chegada de um componente adicional para ser executada. Sendo assim, frequentemente os produtos se acumulam na estação final, esperando por documentos ou procedimentos de teste de aceitação, criando mais *work-in-progress* no sistema.
- Maior *lead time* (tempo de processamento ou de atravessamento): Mais kit incompleto causa mais WIP e consequentemente maior *lead time*. Além disso, a prática de usar o kit incompleto pode gerar mais configurações, causando mais retrabalhos, o que aumenta o tempo para executar cada parte do processo.
- Alta variância de *lead time*: é difícil mensurar o *lead time* quando uma parte das informações é desconhecida e difícil de ser prevista.

- Baixa qualidade e mais retrabalho: muito WIP causa baixo desempenho de qualidade. Itens incompletos tendem a esperar em condições de armazenamento inadequadas e quando os itens faltantes chegam, eles são incorporados de maneira improvisada causando problemas de qualidade.
- Declínio na taxa de transferência: Quando os recursos são utilizados em produtos que não podem ser finalizados, outros trabalhos que podem ser finalizados precisam aguardar.
- Declínio na produtividade: Experiências apontadas pelo autor relatam que o uso do kit incompleto pode gerar um gasto em torno 40% a mais de mão de obra na atividade.
- Mais despesas operacionais: Muito WIP causa mais gastos operacionais em razão de mais custos de manutenção, mais resíduo e maior trabalho empregado em uma atividade.
- Declínio na motivação dos trabalhadores: usar um kit incompleto vai contra a corrente. O trabalhador se desmotiva por ter que empregar mais esforço em um trabalho que aparentemente era desnecessário.
- Aumento na complexidade dos controles: O controle do sistema torna-se complexo e às vezes impossível. Os estoques não se movem na velocidade que deveriam, maior área de armazenamento é necessária e o gerente de produção não sabe explicar como isso aconteceu.
- Menos esforço para garantir a chegada dos itens do kit em falta: um kit incompleto pode dar a falsa sensação ao cliente de que todo esforço está sendo feito para a realização do trabalho.

Ronen (1992) cita cinco causas básicas para as falhas no processo, que hoje se associa ao termo *making-do*: a síndrome da eficiência, a pressão por uma resposta imediata, ansiedade para mostrar boa vontade por parte dos trabalhadores e encarregados, divisão imprópria em níveis de montagem e a informação de planejamento de requisitos de material enganosa sobre o prazo de entrega.

Conforme Koskela (2004), em relação à elaboração de projetos (fluxo de informações) (Figura 4), o *making-do*, em geral, relaciona-se com a falta de informações de entrada completas. Estudos empíricos indicam que a falta de informações é um problema crônico em projetos de construção. Contudo, esta falta de informações não é só devido a um mau gerenciamento de projetos, mas também uma característica inerente ao processo de projetar.

Koskela (2004) salienta que na construção, ainda que todos os itens requeridos estejam disponíveis, eles podem estar de uma maneira ineficaz ou inadequada. Como forma de eliminação do *making-do*, Koskela (2004) cita uma mudança no processo de gestão da produção com base no TFV, para quaisquer forma de produção. Isso inclui também as obras públicas.

2.4 Ferramentas *Lean*

Babalola, Ibem e Ezema (2019) realizaram uma revisão sistemática na literatura a fim de identificar e categorizar as diferentes práticas *Lean* implementadas na indústria da construção e verificar os seus benefícios. Foram identificadas 32 práticas mencionadas em 102 trabalhos entre os anos de 1996 e 2018. A prática mais comum encontrada foi o LPS (*Last Planner System*), seguido do *Just in time*, Planejamento Puxado, Ferramentas Visuais, Reuniões Diárias e Engenharia Simultânea.

Além de verificar as práticas mais citadas na literatura, Babolola, Ibem e Ezema (2019) categorizaram as práticas *Lean*. Uma das categorias foi chamada de Práticas de Projeto e Engenharia, que é constituída de nove ferramentas utilizadas para alcançar os objetivos de construção enxuta nos estágios de projeto e concepção do empreendimento (Quadro 1).

Quadro 1: Ferramentas *Lean* para práticas de projetos de engenharia

Ferramenta	Descrição
<i>Virtual Design and Construction</i> (VDC)	Ferramenta de projeto para criar desenhos e simulações auxiliados por computador (CAD). Também pode ser usado para testar erros em projetos e modelos e para transferência direta de projeto sem erros para produção ou pré-fabricação
Matriz de Estrutura de Projeto	Utilizada na estruturação do projeto e do processo de projeto em segmentos sequenciais
Pré-Fabricação e Modularização	A pré-fabricação é usada na produção das peças do projeto em uma fábrica externa que são movidas para o local de instalação. A modularização envolve a divisão de espaços em seções repetidas iguais ou módulos de tamanho igual para ajudar o processo de pré-fabricação em massa dos componentes do projeto.
<i>Detailed briefing</i>	Esta é uma ferramenta de pré-projeto que permite a análise adequada das informações do cliente e a transferência das informações para o projeto.
<i>Workshop</i> de Projetos	Reunião de projetistas do empreendimento, onde todo o projeto e seu processo são

	discutidos e analisados para remover dificuldades e sugerir ideias criativas para as soluções de projeto.
Entrega integrada de projetos	Abordagem de entrega do projeto que envolve a assinatura de um contrato entre o cliente e os principais projetistas, contratados e outras partes interessadas envolvidas no empreendimento.
<i>Target Value Design</i> (TVD)	Uma ferramenta de projeto que garante que o empreendimento seja projetado com base em metas de custo e tempo dos clientes
Padronização	Padronização é o uso de dimensões, critérios e padrões aceitos no projeto do empreendimento e cada operação envolvida no empreendimento
Engenharia Simultânea	Envolve o compartilhamento colaborativo de informações no processo de execução de tarefas diferentes em um empreendimento com o objetivo de produzir um projeto funcional, um produto de boa qualidade e um processo produtivo.

Fonte: Adaptado de Babalola, Ibem e Ezema (2019)

Virtual Design and Construction (VDC) é o gerenciamento de modelos multidisciplinares integrados de projetos de construção, incluindo o produto, processos de trabalho e organização da equipe de projeto, construção e operação, a fim de apoiar objetivos comerciais explícitos e públicos (KUNZ E FISHER, 2012).

A Matriz de Estrutura de Projeto (DSM) foi desenvolvida inicialmente como uma maneira de representar a estrutura de um sistema. Uma matriz de precedência é desenvolvida para mostrar dependências de projetos nas quais o fluxo de informações entre as atividades é visualizado (ROSAS, 2013).

O DSM é uma técnica para representar sistemas complexos e seus relacionamentos de maneira concisa e visual (BROWNING, 2002). É uma poderosa ferramenta *Lean* para visualizar, através de uma representação clara, os processos de projeto, para se comunicar e organizar. É valioso e útil em engenharia simultânea ao tentar analisar o projeto como um fluxo (ROSAS, 2013)

A pré-fabricação, modularização e padronização é mencionada por Koskela (1992) como soluções para os problemas de variabilidade da construção. A variabilidade na construção aumenta o volume de atividades que não agregam valor, além disso, sistemas simples e conhecidos são mais confiáveis e possuem menos componentes e passos (KOSKELA, 1992).

O *Detailed briefing* deve ser utilizado como a estrutura na qual as necessidades, desejos e as ambições (valores) de todas as partes interessadas são definidas e levadas em consideração no processo de projeto (DOOLEY; SORMUNEN, 2010). O valor é gerado através do cumprimento dos requisitos do cliente, não como um mérito inerente à conversão (KOSKELA, 1992).

A ideia principal do TVD é tornar o valor de um cliente (critérios específicos de projeto, custo, cronograma e construtibilidade) um fator determinante no projeto, reduzindo assim a perda e satisfazendo ou até superando as expectativas do cliente. Os processos e ferramentas que o TVD usa, por exemplo estimativa de custos ou incentivos financeiros, são novos e tradicionais. A excelência operacional é alcançada devido ao valor aprimorado e atenção primária ao estágio de projeto, bem como aos métodos de trabalho enxutos (ZIMINA; BALLARD; PASQUIRE, 2012).

A Engenharia Simultânea, por sua vez, segundo Sohlenius, 1992, significa uma maneira de trabalhar em que as várias atividades de engenharia no processo de desenvolvimento de produtos e produção são integradas e executadas o máximo possível em paralelo e não em sequência.

Conforme Huolvila, Koskela e Lautanala (1997), a Engenharia Simultânea visa principalmente reduzir a duração do tempo de engenharia, aumentar o valor do produto e reduzir o custo. Teoricamente, isso é alcançado reduzindo o compartilhamento das atividades que não contribuem diretamente para a conversão dos requisitos no projeto final e assegurando que o valor seja adicionado ao máximo pelas atividades que contribuem para essa conversão. Além disso, a Engenharia Simultânea enfatiza a satisfação do cliente, a abordagem em equipe, o processo simultâneo para o projeto do produto e o planejamento da produção, as relações estratégicas com os fornecedores e a melhoria contínua.

Segundo Eastman et al. (2014), o BIM é um dos mais promissores desenvolvimentos da indústria da construção. Com o BIM, é possível criar de forma digital um modelo virtual preciso de uma edificação, que gera computacionalmente a geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar apoio à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos exigidos para a realização do empreendimento.

O BIM incorpora também muitas das ferramentas necessárias para modelar o ciclo de vida de uma edificação, o que proporciona o alicerce para novas capacidade da construção e modificações nos papéis e nos relacionamentos da equipe de profissionais ligadas ao

empreendimento. Quando utilizado da maneira apropriada, o BIM proporciona um processo de projeto e construção mais integrados que resulta em construções com maior qualidade e custo e prazo reduzidos (EASTMAN et al., 2014).

Embora o VDC e o BIM estejam intimamente ligados, Kunz e Fisher (2012) afirmam que enquanto o VDC cria uma estrutura integrada e um conjunto de métodos para gerenciar o empreendimento, incluindo os aspectos do empreendimento que devem e podem ser projetados e gerenciados, ou seja, a construção, o processo de projeto e construção e as organizações que seguem os processos para projetar, construir e utilizar o prédio, o BIM se concentra nos elementos de construção do modelo VDC, que são considerados úteis, mas limitantes, porque os problemas de gerenciamento geralmente envolvem interações entre construção, organização (seja pública ou privada) e processo.

Além das ferramentas de projeto, vale destacar a ferramenta de controle da produção chamada de *Last Planner System*. O sistema *Last Planner* busca proteger a produção contra a variabilidade, no nível de planejamento de curto prazo, e procura identificar e remover as restrições no nível de médio prazo, o que contribui para melhorar a confiabilidade dos fluxos de trabalho (BALLARD, 2000). Este sistema utiliza um conjunto de indicadores de desempenho, sendo o principal deles o percentual de pacotes concluídos (PPC), que é a razão entre as tarefas planejadas executadas e o total de tarefas planejadas (BALLARD, 2000).

2.5 Obras Públicas

O processo de contratação onde esteja envolvido o uso de recursos públicos deve ser conduzido com cautela pelos responsáveis designados para cada uma das atividades inseridas em seu contexto. Para isso, existem regras preestabelecidas, com destaque para a Lei nº 8.888/93 (BRASIL, 1993), que devem ser obedecidas a fim de que seja selecionada a proposta mais vantajosa para a Administração Pública (ALTOUNIAN, 2012).

Ainda, conforme Altounian (2012), as obras públicas sempre se destacaram entre os investimentos realizados pela Administração Pública, seja pela sua materialidade, seja pela sua importância social para a comunidade inserida no contexto. Contudo, não é rara a constatação de graves irregularidades na gestão desse recurso, havendo superfaturamento, direcionamento, demora na conclusão ou, até mesmo, abandono dos empreendimentos.

Os contratos públicos são regidos pela Lei nº 8.666/93, que institui normas para licitações e contratos da Administração Pública referentes às obras, serviços, inclusive de

publicidade, compras, alienações e locações no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios (BRASIL, 1993).

Os contratos públicos de obra e serviço de engenharia são realizados através de empreitada. Esta denominação pode ser dividida em Empreitada por Preço Global, Empreitada Integral e Empreitada por Preço Unitário (AGU, 2014), conforme descrito a seguir.

- Empreitada por Preço Global: é o modo de contratação de serviço ou obra de engenharia no qual a execução do contrato se dá com a entrega de todos os itens e características com fazem parte do objeto, incluídos detalhadamente no preço total do empreendimento, cujo efeito é a transferência de riscos do valor total para a empresa contratada. A Empreitada por Preço Global deve ser utilizada nas situações que seja possível a definição precisa de todos os componentes da obra ou serviço, onde a margem de incerteza seja mínima. Caso alguma empresa licitante encontre alguma falha significativa, ela deve provocar a comissão de licitação ou o pregoeiro para que justifique, esclareça ou corrija, pois a participação na licitação pressupõe concordância com todos os termos dela.
- Empreitada Integral: trata-se de uma forma ampliada da Empreitada por Preço Global. Destina-se à execução de não apenas um bem ou serviço, mas sim de um empreendimento funcional, ou seja, contrata-se a entrega de um bem com valor agregado oriundo de toda estrutura logística e material para seu prelo funcionamento.
- Empreitada por Preço Unitário: destinada a empreendimentos que devam ser realizados em quantidade e podem ser mensurados em unidade de medida. O valor total do empreendimento é a soma dos valores de cada serviço. São utilizados, especialmente, em contratos que podem ser divididos em unidades autônomas independentes que juntas formam o objeto total pretendido pela Administração. Desta forma, não se exige o mesmo nível de precisão dos modelos anteriores, em virtude da imprecisão inerente à própria natureza do objeto contratado, pois está sujeito a variações.

Além do modo de contratação, existem também as modalidades de licitação, que segundo a Lei nº 8.666/93, são as seguintes: Concorrência, Tomada de Preços, Convite, Concurso e Leilão, e são conceituadas em seu art. 22 da seguinte maneira (BRASIL, 1993):

§ 1º Concorrência é a modalidade de licitação entre quaisquer interessados que, na fase inicial de habilitação preliminar, comprovem possuir os requisitos mínimos de qualificação exigidos no edital para execução de seu objeto.

§ 2º Tomada de preços é a modalidade de licitação entre interessados devidamente cadastrados ou que atenderem a todas as condições exigidas para cadastramento até o terceiro dia anterior à data do recebimento das propostas, observada a necessária qualificação.

§ 3º Convite é a modalidade de licitação entre interessados do ramo pertinente ao seu objeto, cadastrados ou não, escolhidos e convidados em número mínimo de 3 (três) pela unidade administrativa, a qual afixará, em local apropriado, cópia do instrumento convocatório e o estenderá ao demais cadastrados na correspondente especialidade que manifestarem seu interesse com antecedência de até 24 (vinte e quatro) horas da apresentação das propostas.

§ 4º Concurso é a modalidade de licitação entre quaisquer interessados para escolha de trabalho técnico, científico ou artístico, mediante a instituição de prêmios ou remuneração aos vencedores, conforme critérios constantes de edital publicado na imprensa oficial com antecedência mínima de 45 (quarenta e cinco) dias.

§ 5º Leilão é a modalidade de licitação entre quaisquer interessados para a venda de bens móveis inservíveis para a administração ou de produtos legalmente apreendidos ou penhorados, ou para a alienação de bens imóveis prevista no art. 19, a quem oferecer o maior lance, igual ou superior ao valor da avaliação (BRASIL, 1993).

Além das modalidades previstas na Lei nº 8.666/93, a Lei nº 10.520/2002 (BRASIL, 2002) criou uma nova modalidade denominada Pregão, regulamentada pelos Decretos nº 3.555/2000 e nº 5.450/2005 (BRASIL, 2000; 2005, respectivamente), para a aquisição de bens e serviços comuns, cujos padrões de desempenho e qualidade possam ser objetivamente definidos pelo edital, por meio de especificações usuais no mercado (BRASIL, 2002).

Das modalidades licitatórias existentes, as obras e serviços de engenharia podem ser contratadas por meio do convite, da tomada de preços e da concorrência (AGU, 2014). Estas modalidades também se diferenciam pelos limites de preços que eram definidos pela Lei nº 8.666/93 (BRASIL, 1993), mas foram atualizados pelo Decreto nº 9.412/2018 da seguinte maneira para obras e serviços de engenharia (BRASIL, 2018a):

- Convite – até R\$ 330.000,00
- Tomada de Preço – até R\$ 3.300.000,00
- Concorrência – acima de R\$ 3.300.000,00

Vale ressaltar que a modalidade de Concorrência pode ser utilizada qualquer que seja o valor do objeto. Além disso, nos casos que couber a utilização de convite, a Administração poderá utilizar a modalidade de Tomada de Preço ou Concorrência (BRASIL, 1993).

Os tipos de licitação considerados são os de menor preço, melhor técnica e a de técnica e preço (BRASIL, 1993). Contudo, os dois últimos não podem ser utilizados em casos de

trabalhos mais complexos, para os quais seja fundamental que os proponentes contenham determinadas qualidades técnicas para a execução do objeto (TCU, 2014).

A Lei nº 8.666/1993 define que as licitações de obras e prestação de serviço devem seguir a seguinte sequência (BRASIL, 1993):

- Projeto Básico;
- Projeto Executivo;
- Execução das obras e serviços.

Cada etapa deverá ser iniciada apenas após a conclusão da etapa precedente. Contudo, é permitido que o projeto executivo possa ser desenvolvido concomitantemente à execução das obras e serviços, desde que autorizado pela Administração (BRASIL, 1993).

De acordo com a Lei nº 8.666/1993 (BRASIL, 1993):

IX - O Projeto Básico é o conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução, devendo conter os seguintes elementos:

- a) desenvolvimento da solução escolhida de forma a fornecer visão global da obra e identificar todos os seus elementos constitutivos com clareza;
- b) soluções técnicas globais e localizadas, suficientemente detalhadas, de forma a minimizar a necessidade de reformulação ou de variantes durante as fases de elaboração do projeto executivo e de realização das obras e montagem;
- c) identificação dos tipos de serviços a executar e de materiais e equipamentos a incorporar à obra, bem como suas especificações que assegurem os melhores resultados para o empreendimento, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;
- d) informações que possibilitem o estudo e a dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e condições organizacionais para a obra, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;
- e) subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra, compreendendo a sua programação, a estratégia de suprimentos, as normas de fiscalização e outros dados necessários em cada caso;
- f) orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos propriamente avaliados (BRASIL, 1993).

O Projeto Executivo é o conjunto de elementos necessários e suficiente à execução total da obra, em conformidade com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (BRASIL, 1993).

Para que uma obra possa ser licitada, a Lei nº 8.666 (BRASIL, 1993) define as seguintes condicionantes:

- Houver projeto básico aprovado pela autoridade competente e disponível para a verificação dos interessados em participar do processo licitatório;
- Existir orçamento detalhado em planilhas que expressem a composição de todos os seus custos unitários;
- Houver previsão de recursos orçamentários que assegurem o pagamento das obrigações decorrentes de obras ou serviços a serem executadas no exercício financeiro em curso, conforme respectivo cronograma;
- Contemplar o produto esperado nas metas estabelecidas no Plano Plurianual de que trata o art. 165 da Constituição Federal, quando for o caso.

A ausência ou inconsistência dos elementos que devem compor o Projeto Básico pode ocasionar problemas futuros de significativa magnitude, como (TCU, 2014):

- Falta de efetividade ou alta relação custo/benefício do empreendimento, devido à ausência de estudo de viabilidade adequado;
- Alteração nas especificações técnicas previstas em virtude de falta de estudos geotécnicos ou ambientais adequados;
- Utilização de materiais inadequados, por especificações deficientes;
- Alterações contratuais em função da insuficiência ou inadequação das plantas e especificações técnicas, envolvendo negociação de preços.

Nesse contexto, a Orientação Técnica nº 04/2011 do Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos (INBEC) prevê uma margem admissível de erro de 5% para a estimativa de custo do empreendimento com projeto executivo e entre 10% e 15% na estimativa com o projeto básico (INBEC, 2011).

A fase de construção da obra, também conhecida como fase contratual, se inicia com a assinatura do contrato e se encerra com a entrega do termo de recebimento definitivo da obra. Nesta fase existem muitas atividades envolvidas, como assinatura do contrato, acompanhamento e fiscalização da qualidade e quantidade dos serviços, prazo e custo do empreendimento, materialização de termos aditivos, o que pode demandar uma equipe com diversos responsáveis (ALTOUNIAN, 2012).

Em seu art. 67, a Lei nº 8.666/1993 diz que a execução dos contratos públicos deverá ser acompanhada e fiscalizada por um representante da Administração especialmente

designado, sendo permitida a contratação de terceiros para assisti-lo e subsidiá-lo de informações técnicas pertinentes à essa função (BRASIL, 1993).

A fiscalização é a atividade que deve ser realizada de modo sistemático pela Administração e seus pressupostos, a fim de verificar o cumprimento das disposições contratuais, técnicas e administrativas em todos os seus aspectos (TCU, 2014).

Dentre as atribuições da fiscalização, o “Manual de Obras Públicas – Edificações – Construção” da Secretaria de Estado da Administração e Patrimônio do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, cita (BRASIL, 1997):

- Conferir a fidelidade da planta do levantamento planialtimétrico com o terreno;
- Verificar visualmente se as principais características do solo local confirmam as indicações contidas na sondagem;
- Realizar o controle geométrico dos trabalhos, com auxílio da equipe de topografia, conferindo as inclinações de taludes, limites e níveis de terraplenos, verificando a obediência ao projeto e determinação de serviços realizados para a liberação das medições;
- Controlar a execução de aterros, verificando a espessura das camadas e programar a realização dos ensaios de controle tecnológico de acordo com as normas vigentes;
- Conferir se as plantas de cadastramento de redes de águas pluviais, esgotos e linhas elétricas existentes condizem com a realidade;
- Determinar, quando necessário, a vistoria das edificações adjacentes pelo representante da Contratada, na presença dos demais interessados, e verificar se foram tomadas atitudes preventivas para a proteção dessas edificações;
- Zelar pela manutenção da integridade de achados arqueológicos durante a execução dos serviços;
- Determinar previamente, em conjunto com a Empreiteira, os locais de bota fora e empréstimos do material de terraplanagem, quando esses não forem definidos em projeto.

Por outro lado, as atribuições/obrigações dos empreiteiros durante a execução do contrato são (TCU, 2014):

- Providenciar as ARTs junto ao CREA ou as RRTs junto ao CAU dos serviços executados no objeto do contrato e especialidade pertinentes;

- Obter o alvará de construção e de demolição, se necessário, com a Prefeitura Municipal conforme disposições vigentes;
- Efetuar o pagamento de todos os tributos e obrigações fiscais referentes ao objeto do contrato até o recebimento definitivo por parte do contratante;
- Manter as instalações, funcionários e equipamentos em quantidade, qualidade e especificações adequadas para o cumprimento do contrato;
- Encaminhar para aprovação da fiscalização o cronograma de execução detalhado em até cinco dias;
- Submeter para aprovação da fiscalização as amostras ou protótipos dos materiais empregados na obra;
- Realizar, por meio de laboratório aprovado pela fiscalização e sob suas custas, os testes, ensaios, exames e provas necessárias para a garantia do controle de qualidade dos materiais, serviços ou equipamentos a sempre utilizados na realização dos serviços.

As alterações em contratos são previstas no art. 65 da Lei nº 8.666/93 nos seguintes casos (BRASIL, 1993):

I- Unilateralmente pela Administração:

- a) quando houver modificação do projeto ou das especificações, para melhor adequação técnica aos seus objetivos;
- b) quando necessária a modificação do valor contratual em decorrência de acréscimo ou diminuição quantitativa de seu objeto, nos limites permitidos por esta Lei;

II- Por acordo das partes:

- a) quando conveniente a substituição da garantia de execução;
- b) quando necessária a modificação do regime de execução da obra ou serviço, bem como do modo de fornecimento, em face de verificação técnica da inaplicabilidade dos termos contratuais originários;
- c) quando necessária a modificação da forma de pagamento, por imposição de circunstâncias supervenientes, mantido o valor inicial atualizado, vedada a antecipação do pagamento, com relação ao cronograma financeiro fixado, sem a correspondente contraprestação de fornecimento de bens ou execução de obra ou serviço;
- d) para restabelecer a relação que as partes pactuaram inicialmente entre os encargos do contratado e a retribuição da administração para a justa remuneração da obra, serviço ou fornecimento, objetivando a manutenção do equilíbrio econômico-financeiro inicial do contrato, na hipótese de sobrevirem fatos imprevisíveis, ou previsíveis porém de consequências incalculáveis, retardadores ou impeditivos da execução do ajustado, ou, ainda, em caso de força maior, caso fortuito ou fato do príncipe, configurando álea econômica extraordinária e extracontratual (BRASIL, 1993).

Ademais, a Lei nº 8.666/1993 prevê acréscimos e supressões de valor de 25% do valor original do contrato para obras, serviços ou compras e em caso particular de reforma de edifício ou de equipamento, até o limite de 50% para acréscimos (BRASIL,1993).

Para o aditamento de prazos, não existem limites previstos em lei, desde que sejam mantidas as cláusulas contratuais e assegurada a manutenção do equilíbrio econômico-financeiro. No entanto, o acréscimo de prazo deve ser realizado na ocorrência dos seguintes motivos (BRASIL, 1993):

- Alteração de projeto ou especificações, pela Administração;
- Superveniência de fato excepcional ou imprevisível, estranho à vontade das partes, que altere fundamentalmente as condições de execução do contrato;
- Interrupção da execução do contrato ou diminuição do ritmo de trabalho por ordem e no interesse da Administração;
- Aumento das quantidades inicialmente previstas no contrato, nos limites permitidos pela Lei nº 8.666/1993;
- Impedimento da execução do contrato por fato ou ato de terceiro reconhecido pela Administração em documento contemporâneo à sua ocorrência;
- Omissão ou atraso de providências a cargo da Administração, inclusive quanto aos pagamentos previstos que resulte, diretamente, em impedimento ou retardamento na execução do contrato, sem prejuízo das sanções legais aplicáveis aos responsáveis.

Os atrasos injustificados na execução do contrato estão sujeitos à multa de mora, conforme prevista em contrato ou instrumento convocatório (TCU, 2014). A aplicação dessa multa não impede a rescisão unilateral do contrato e aplicação de outras penalidades previstas no art. 87 da Lei nº 8.666/1993 (BRASIL, 1993).

As penalidades previstas no art. 87 pela inexecução total ou parcial do contrato são (BRASIL, 1993):

- | | |
|------|--|
| I- | Advertência; |
| II- | Multa, na forma prevista no instrumento convocatório ou no contrato; |
| III- | Suspensão temporária de participação em licitação e impedimento de contratar com a Administração, por prazo não superior a 2 (dois) anos; |
| IV- | Declaração de idoneidade para licitar ou contratar com a Administração Pública enquanto perdurarem os motivos determinantes da punição ou até que seja promovida a reabilitação perante a própria autoridade que aplicou a penalidade, que será concedida sempre que o contratado ressarcir a Administração pelos prejuízos resultantes e após decorrido o prazo da sanção aplicada com base no inciso anterior. |

Uma das mudanças mais atuais em relação às obras públicas é o Decreto nº 9.377/2018 que institui a estratégia nacional de disseminação do *Building Information Modelling* (BIM), com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento nessa modelagem e sua difusão no País (BRASIL, 2018b).

A estratégia BIM BR propõe a utilização e exigência do BIM em três fases. Na primeira, a partir de 2021, a exigência focará nos projeto, se dará na elaboração de modelos para Arquitetura e Engenharia nas áreas de estrutura, hidráulica, AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado) e elétrica, na detecção de interferências, revisão dos modelos para extração de quantitativos e geração de documentação gráfica (BRASIL, 2018b).

A segunda fase será a partir de 2024. Além das obrigações previstas na fase anterior, os modelos deverão incorporar algumas fases que envolvem a obra, como o planejamento, a orçamentação e na atualização dos modelos e de suas informações como “*as built*” (BRASIL, 2018b).

A terceira fase se dá a partir de 2028, onde o BIM deverá contemplar todo o ciclo de vida da obra e considerar atividades do pós-obra. Nesta etapa, o BIM será aplicado, no mínimo, nas construções novas, reformas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de média ou grande relevância (BRASIL, 2018b).

2.6 Atraso em obras

A questão das responsabilidades de atraso está relacionada a se o empreiteiro é beneficiado ou responsável pelos custos e tempo adicional para concluir o empreendimento (AHMED et al., 2002). Segundo os autores, as categorias de responsabilidades são:

- Responsabilidade do Proprietário ou Agente: Empreiteiro ganhará aumento de prazo e custos adicionais, onde garantidos;
- Responsabilidade do Empreiteiro: Empreiteiro não ganhará tempo e custos adicionais e terá que pagar por danos e penalidades;
- Nenhuma das partes: Empreiteiro vai receber tempo adicional para terminar o empreendimento, mas não receberá mais por isso nem responderá por penalidades;
- Ambas as partes são responsáveis: Empreiteiro vai receber tempo adicional para terminar o empreendimento, mas não receberá mais por isso nem responderá por penalidades.

Os atrasos podem ser agrupados nas quatro categorias seguintes conforme a forma de agir contratualmente (FINKE, 1999; AHMED et al., 2002; PALANEESWARAN; KUMARASWAMY, 2008):

- Atrasos não desculpáveis: São aqueles causados por culpa e risco do contratado. Eles podem ser resultados de subestimativa de produtividade, programação inadequada, má administração, erros de construção, problemas de pessoa ou equipamento, entre outros;
- Atrasos desculpáveis não compensáveis: São aqueles causados por fatores não previsíveis, além do controle razoável e não atribuídos à culpa ou negligência da contratada. O empreiteiro não receberá compensação pelo custo, mas ganhará tempo adicional para concluir os trabalhos;
- Atrasos desculpáveis compensáveis: São aqueles causados por fatores não previstos, normalmente criados por alguma nova reivindicação do proprietário ou agente responsável. Assim, o contratado poderá receber valor adicional em função disso e ganhará mais tempo para realizar o empreendimento;
- Atrasos simultâneos: São aqueles em que ambas as partes são responsáveis. Não há nenhum tipo de penalidade.

Ahmed et al. (2002) agruparam as causas de atrasos em seis grupos: “Ações de Deus” (chuva, terremoto, entre outros); Relativas à projeto; Econômicas e financeiras; Construtivas; Gerencias e administrativas; Aspectos Legais. Ao final da pesquisa, concluiu-se que as causas relativas à aspectos legais são as mais críticas, seguidas das relativas à projetos, construtiva, econômicas e financeiras, gerenciais e administrativas e “ações de Deus”.

Ahmed et al. (2002), na mesma pesquisa, concluíram que as dez maiores causas de atrasos em obras públicas no estado da Flórida, nos Estados Unidos, foram: (1) Aprovação de licenças de construção; (2) Mudança de ordem; (3) Alteração de projetos; (4) Documentos incompletos; (5) Fiscalização; (6) Alteração de especificações; (7) Decisões durante o estágio de desenvolvimento; (8) Aprovação dos projetos; (9) Desenvolvimento do projeto; (10) Alteração de leis e regulamentações.

Kaliba (2010) pesquisou sobre as causas do aumento de custo, aumento do prazo e redução da qualidade de obras públicas em Zâmbia. Através da aplicação de questionários e entrevistas com 11 participantes de atuação direta em obras públicas, concluiu-se que, de um universo de 40 causas, as principais e mais impactantes motivadoras de atrasos em obras

públicas de Zâmbia foram: (1) Dificuldade de financiamento por parte do empreiteiro; (2) Alteração no escopo do empreendimento; (3) Baixa performance dos subcontratados; (4) Alterações nos projetos e especificações; (5) Mau tempo; (6) Pouca habilidade gerencial; (7) Má gestão do cronograma; (8) Atraso no pagamento ou não pagamento; (9) Falta de disponibilidade de equipamento; (10) Compras de material.

Santos (2015) investigou sobre os problemas de prazo e custo em obras públicas em um órgão municipal de Belo Horizonte. Ele concluiu que 96% das obras apresentaram aditivos de prazo e que, em média, o prazo final foi mais que o dobro do previsto. Através da aplicação de questionários com agentes que participaram de 151 obras do órgão municipal estudado, concluiu-se que de um total de 63 causas de atrasos identificadas, as principais foram: (1) Duração do contrato irrealista; (2) Falta de compatibilização dos projetos; (3) atraso em revisões e aprovações de documentos de projeto pelo contratante; (4) erros nos levantamentos de quantitativos / planilha; (5) Erros nas investigações de solo; (6) Planejamento e cronograma da obra ineficaz; (7) Tomada de decisão lenta pelo contratante; (8) Erros e discrepâncias nos documentos de projeto; (9) Coleta de dados insuficientes antes de projetar; (10) Atraso na finalização de preços para itens extras.

Larsen et al. (2015), por sua vez, realizaram uma pesquisa em quatro agências de construções públicas na Dinamarca. Durante o trabalho, identificaram 26 fatores que influenciavam no prazo, custo e qualidade das obras. Para identificar os fatores mais relevantes, foram enviados questionários para 111 potenciais respondentes, dos quais 56 responderam. Quanto ao atraso nas obras, os resultados encontrados foram: (1) Falta de financiamento do projeto; (2) Atraso ou longo tempo de processo para autoridades; (3) Falta de planejamento; (4) Erros ou omissões no trabalho de construção; (5) Falta de identificação das necessidades.

Al Hazim e Abusalem (2015) estudaram quais os fatores mais importantes que causam atrasos em projetos de construção de rodovias na Jordânia. Através de análise documental de 25 projetos, 19 causas de atraso foram identificadas e as principais foram: (1) Condição do terreno; (2) Condição climática; (3) Variação de ordens; (4) Disponibilidade de trabalho; (5) Erros em projetos; (6) Custo planejado para projetos de construção; (7) Disponibilidade de recursos; (8) Flutuação dos preços dos materiais; (9) Planejamento do tempo; (10) Trabalhos emergenciais.

Zidane e Andersen (2018) realizaram um estudo em que um dos objetivos era verificar qual o top 10 de causas que provocam atrasos em obras (públicas e privadas) no mundo todo. Para isso, eles realizaram uma vasta revisão na literatura. Foram analisadas as dez maiores

causas de atrasos em projetos de engenharia de 103 pesquisas realizadas em 46 países. Foram encontradas 33 causas para o não cumprimento do prazo, dentre elas, as 10 mais citadas no geral foram: (1) Alterações de projetos durante a construção; (2) Atrasos no pagamento dos empreiteiros; (3) Planejamento e cronogramas pobres; (4) Gerenciamento de obras e fiscalização fracas; (5) Projeto incompleto ou impróprio; (6) Falta de experiência do empreiteiro; (7) Dificuldades financeiras do contratado; (8) Dificuldade financeira do contratante; (9) Falta de recursos (humanos, maquinário, equipamentos); (10) Falta de produtividade e habilidade dos trabalhadores.

Alvarenga (2019) realizou uma pesquisa em contratos de obras de instituições de ensino superior do Brasil. Foram analisados 2178 contratos com o objetivo de realizar um diagnóstico sobre as principais causas de aditivos de prazo e custo nas obras dessas instituições. Como resultado, foram encontrados 24 fatores que influenciam na necessidade de aditamento de prazo. Dentre esses fatores, destacam-se: (1) Inclusões e/ou modificações de projetos; (2) Acréscimos de Serviços; (3) Condições Climáticas; (4) Logística de materiais e equipamentos; (5) Condição do terreno; (6) Atraso na execução dos serviços; (7) Escassez de mão de obra; (8) Adequações de acessibilidade; (9) Serviços com mão de obra especializada; (10) Paralisação ou diminuição de ritmo por ordem da administração.

Durdyev e Hosseini (2019) realizaram uma pesquisa semelhante à de Zidane e Andersen (2018). Através de uma revisão na literatura nas principais revistas da construção civil, foram encontrados 100 artigos entre os anos de 1985 e 2018 que tratavam sobre as causas de atrasos na construção civil, em geral. Após a análise desses artigos, as dez causas de atrasos mais citadas foram: (1) Condições climáticas; (2) Baixa comunicação, coordenação e conflitos entre os stakeholders; (3) Planejamento ineficiente ou inapropriado; (4) Escassez de material; (5) Problemas financeiros; (6) Atrasos de pagamento; (7) Escassez de equipamento; (8) Falta de experiência, qualificação e competência dos stakeholders; (9) Escassez de mão de obra; (10) Mau gerenciamento do canteiro.

Dentre as causas apresentadas anteriormente, o Quadro 2 resume as principais. Através do Quadro 2, é possível verificar que as causas de atrasos são provenientes de problemas em diferentes fases do empreendimento, com diferentes responsáveis. Uma grande parte das causas se concentram na fase de concepção do empreendimento (erros de planejamento, projeto, orçamento etc.). No entanto, existem outros aspectos que provocam atraso em obras públicas como os aspectos naturais (ex.: condições climáticas), aspectos econômicos e financeiros (ex.: atraso de pagamento), aspectos construtivos (ex.: falta de disponibilidade de recursos), aspectos

do gerenciamento (ex.: pouca habilidade gerencial da administração) ou do contrato e aspectos legais (ex.: demora na aprovação de licenças de construção).

Quadro 2: Principais causas de aditivos de prazo em obras públicas e autores que as citaram.

Causa dos atrasos	Atores que citaram
Erros de planejamento e cronograma da obra	Santos (2015); Larsen et al. (2015); Al Hazim e Abusalem (2015); Zidane e Andersen (2018); Durdyev e Hosseini (2019)
Alterações de projeto	Ahmed et al. (2002); Kaliba (2010); Zidane e Andersen (2018); Alvarenga (2019)
Atrasos de pagamento	Kaliba (2010); Zidane e Andersen (2018); Durdyev e Hosseini (2019)
Falta de disponibilidade de recursos (Humanos, maquinário, equipamento)	Kaliba (2010); Al Hazim e Abusalem (2015); Zidane e Andersen (2018); Alvarenga (2019); Durdyev e Hosseini (2019)
Dificuldade de financiamento por parte do empreiteiro	Kaliba (2010); Larsen et al. (2015); Zidane e Andersen (2018); Durdyev e Hosseini (2019)
Pouca habilidade gerencial da Administração	Kaliba (2010); Santos (2015); Zidane e Andersen (2018)
Erros na investigação do terreno	Santos (2015); Al Hazim e Abusalem (2015); Alvarenga (2019)
Demora na aprovação de licenças de construção	Ahmed et al. (2002)
Alteração de ordem	Ahmed et al. (2002); Al Hazim e Abusalem (2015)
Documentos incompletos	Ahmed et al. (2002); Zidane e Andersen (2018)
Alteração nas especificações	Ahmed et al. (2002); Kaliba (2010); Alvarenga (2019)
Baixa performance na construção	Kaliba (2010); Larsen et al. (2015); Zidane e Andersen (2018); Alvarenga (2019)
Atraso nas revisões e aprovações de projetos	Ahmed et al. (2002); Santos (2015)
Erros de orçamento	Santos (2015); Al Hazim e Abusalem (2015); Alvarenga (2019)
Erros de projeto	Santos (2015); Al Hazim e Abusalem (2015); Zidane e Andersen (2018); Durdyev e Hosseini (2019)
Condições climáticas	Kaliba (2010); Al Hazim e Abusalem (2015); Alvarenga (2019)

Fonte: Autor (2020)

2.7 Lean e Obras Públicas

Como visto anteriormente, grande parte dos problemas de atrasos em obras públicas verificados na literatura são gerados a partir de um problema de gerenciamento, principalmente na fase de elaboração do empreendimento. Desta forma, supõem-se que melhorando a gestão

desses contratos, por meio do uso dos conceitos enxutos, desde a sua concepção até a fase de construção é possível mitigar os atrasos de obras públicas. Assim, neste tópico serão abordados exemplos da utilização do *Lean Construction* e dos Conceitos *Lean* em obras públicas para aprofundar o embasamento teórico.

Hofacker (2007) realizou um estudo sobre como melhorar a aquisição de edifícios públicos na Alemanha. Foi realizado um estudo de caso em uma Universidade Pública da Alemanha, onde os processos de elaboração do processo foram observados e avaliados sob uma perspectiva *Lean* se as atividades agregavam valor ou causavam perdas. Ao final do estudo, foi proposto um novo fluxograma das atividades com uma abordagem *Lean* com base nos cinco princípios de geração de valor de Womack e Jones (2003) de foco no cliente, simplificação dos processos, alocação de recursos para os gargalos do processo para alcançar um melhor fluxo do processo e melhoria do fluxo de valor, além de aumento de transparência e redução do tempo de ciclo.

Umstot, Fauchier e Alves (2014) propuseram métricas *Lean* para mensurar o valor dos princípios e ferramentas *Lean* identificados no Distrito Universitário de San Diego nos Estados Unidos da América. As métricas utilizadas são apresentadas no Quadro 3.

Umstot, Fauchie e Alves (2014) compararam empreendimentos que não utilizaram o *BIM* nem o *Lean* com empreendimentos que utilizaram entre os anos de 2008 e 2014 em uma instituição pública em San Diego - EUA. Os resultados encontrados revelam que houve uma redução de 42% dos pedidos totais de alterações no empreendimento e 38% de redução nos pedidos de alteração decorrentes de erros e omissões. Quanto ao prazo, sem o uso de *BIM* ou *Lean*, apenas 5% dos empreendimentos foram entregues no prazo, enquanto utilizando os dois, 20% dos empreendimentos concluíram o cronograma proposto. Sobre o *TVD*, 83% dos projetos que utilizaram essa abordagem mantiveram-se dentro do orçamento. Em relação à certificação LEED, o percentual de certificações diminuiu com o uso do *BIM* e do *Lean*, contudo, o autor explica que novas versões da certificação LEED foram adotadas e a exigência para atingir o mesmo nível foi aumentada. Por fim, verificou-se que está havendo uma redução significativa dos custos de manutenção predial ao longo dos anos a partir de 2010.

Quadro 3: Métricas avaliadas em uma instituição pública

Métrica	Definição da métrica	Princípio <i>Lean</i> Avaliado
Taxa de pedido de alteração de projeto	Percentagem do custo das alterações solicitados em relação ao valor total do empreendimento	Redução de perdas
Alterações causadas por erros de projetos e omissões (como % do custo do empreendimento)	Percentagem do custo das alterações causadas por erros e omissões em relação ao valor total do empreendimento	Redução de perdas e Colaboração
Desempenho do cronograma do empreendimento	Número e percentagem dos empreendimento terminados no prazo original	Redução de perdas, fluxo, melhoria da comunicação e colaboração
<i>Target Value Design (TVD)</i> do empreendimento	Número de empreendimentos finalizados dentro do custo esperado	Geração de valor e redução de perdas
Geração de valor sobre sustentabilidade	Número e percentagem de empreendimentos que alcançaram a certificação prata LEED	Valor definido pelo cliente
Custo anual de manutenção	Total de valor gasto em manutenção em um ano por área do empreendimento.	Redução de perdas, melhoria no processo, geração de valor

Fonte: Adaptado de Umstot, Fauchie e Alves (2014)

Por sua vez, Emuze, Smallwood e Han (2014) verificaram quais os fatores que contribuem para a adição de atividades que não agregam valor na construção pública da África do Sul. No estudo dos autores foram aplicados questionários com os clientes, consultores e empreiteiros a fim de descobrir esses fatores. Os cinco fatores mencionados em maior frequência foram: (1) Pouca mão de obra qualificada; (2) Revisões e alterações repetitivamente; (3) atraso na aprovação do projeto; (4) Planejamento da construção pobre; (5) Disseminação da informação demorada.

Além disso, Emuze, Smallwood e Han (2014) analisaram também quais as consequências mais verificadas da adição dessas atividades que não agregam valor e o resultado foi: (1) Aumento do prazo; (2) Aumento do custo; (3) Variabilidade; (4) Redução da produtividade; (5) Insatisfação do cliente.

Bygballe, Endressen e Falun (2018) realizaram um estudo de caso sobre a implementação de princípios enxutos em um projeto de construção pública de um edifício educacional de arte e *design* da Noruega. Durante a fase de contratação, foi implementado, além

dos critérios preço, um critério inovador de competência *Lean* para a escolha do empreiteiro vencedor. Como resultado, verificou-se que os mecanismos formais, como os contratos, têm o potencial de facilitar e dificultar a implementação dos princípios *Lean*, mesmo criando coerência, eles podem limitar o escopo do conceito. Os mecanismos informais, como relacionamento social e confiança, criam um comprometimento entre as partes para a implementação dos princípios *Lean*.

Bajjou e Chafi (2018) realizaram uma pesquisa para saber qual o nível de conhecimento da Construção Enxuta no Marrocos. Foram aplicados questionários com empresas de construção Marroquinas. Um total de 330 questionários foram respondidos, sendo 47% deles sobre obras do setor público. Como resultado, eles encontraram que 61% dos respondentes são familiarizados com o *Lean Construction* e que a abordagem *Lean* causa um impacto positivo, especialmente na qualidade, segurança e nível ambiental. Além disso, como barreiras para a implementação dos princípios *Lean*, eles mencionam a falta de conhecimento sobre a filosofia da Construção Enxuta, recursos humanos não qualificados e recursos financeiros insuficientes.

Neves et al. (2018) propuseram diretrizes para o desenvolvimento de projetos de construção pública sob a ótica do *Target Value Design* (TVD). A pesquisa estudou 04 instituições públicas compostas por setores de desenvolvimento de projetos, orçamento e fiscalização. Como resultado, o trabalho apresenta 13 diretrizes distribuídas em 03 eixos: orçamentação; planejamento e controle de processos; e processo BIM. As instituições avaliadas analisaram as diretrizes e julgaram viáveis a sua implementação, permitindo que sejam utilizadas para construir modelos integrados de processos de desenvolvimento de projetos e orçamento.

Wondimu et al. (2018), em seu estudo, fizeram uma comparação entre as formas de contratação de obras públicas por diálogo competitivo e melhor preço para saber qual é a melhor para a implementação do *Lean* em empreendimentos públicos. Como resultados, concluíram que ambas podem ser usadas para a implementação do *Lean* no setor público. Enquanto o melhor preço reduz as perdas, diálogo competitivo agrega valor. A contratação por melhor preço é mais efetiva e reduz as perdas durante a fase de contratação. Diálogo competitivo facilita a utilização de soluções que se adequam melhor às necessidades do cliente, agregando valor ao produto.

Herrera, Mourgues e Alarcón (2018) procuraram entender o funcionamento e a performance das organizações temporárias de construção de nove aeroportos públicos no Chile através da verificação do nível de implementação das práticas *Lean*, indicadores de

performance chave e métricas de relacionamento social. O gerenciamento de requisitos e a participação sistemática do cliente foram as práticas com maior desenvolvimento, enquanto participação antecipada do construtor e trabalho colaborativo foram as que tiveram o pior resultado.

Por sua vez, Monyane, Emuze e Crafford (2018) buscaram identificar as oportunidades *Lean* no gerenciamento de projetos e orçamentos do setor público da África do Sul. Foram realizadas entrevista semi-estruturadas com 15 participantes de 4 projetos públicos de construção e foram identificadas 5 ferramentas *Lean* que poderiam ser utilizadas: BIM; Desenvolvimento integrado de projeto; *Target Value Design*; *Last Planner System*; e CBA (Choosing by Advantages), sendo o BIM a com maior aceitação por parte dos respondentes.

Como visto, existem diversas abordagens do *Lean* no setor público, o que mostra que é possível melhorar os processos, a fim de reduzir as perdas na elaboração de um empreendimento público de construção, e, com isso, minimizar os atrasos em obras.

3 MÉTODO DE PESQUISA

O delineamento da pesquisa se refere ao planejamento da mesma em sua dimensão mais ampla, envolvendo tanto a sua diagramação quanto a previsão de análise e interpretação dos resultados. De maneira geral, o delineamento considera o ambiente em que são coletados os dados, assim como as ferramentas de controle das variáveis envolvidas (GIL, 2008).

Esta pesquisa está delineada como um Levantamento de campo (*survey*). Segundo Gil (2008), a *survey* se caracteriza pela interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. Em geral, são solicitadas informações de um grupo de pessoas que deseja conhecer a informação sobre o problema estudado para depois, mediante análise quantitativa, obter as conclusões relacionadas aos dados coletados.

Em relação ao tipo de abordagem, foi realizada uma abordagem qualitativa e quantitativa, pois foram levantadas informações com e sem representatividade numérica.

A natureza da pesquisa pode ser classificada em Aplicada, pois busca gerar conhecimento para aplicação prática, direcionados à solução de problemas específicos. Além disso, o envolvimento do pesquisador foi o clássico.

Sobre os objetivos da pesquisa, ela pode ser classificada como explicativa, pois busca identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência de algum fenômeno (GIL, 2008).

3.1 Etapas da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida em 5 etapas:

- Etapa I – Foi feito um mapeamento sistemático na literatura sobre a sinergia entre obras públicas e construção enxuta.

- Etapa II – Foi feita uma pesquisa de bibliográfica a fim de estruturar e definir todos os conceitos que fazem parte do contexto da pesquisa.

- Etapa III – Na etapa seguinte, coletou-se dados no sistema do Portal da Transparência, a fim de identificar o histórico de aditivos de prazo das obras públicas a partir de 2013 e foram verificados os contratos que tiveram o seu prazo prorrogado e quais foram os empreiteiros das obras públicas federais do Poder Executivo no estado de Sergipe.

- Etapa IV – Nesta etapa, foi elaborado um questionário, baseado nas causas de aditivo de prazo presentes na literatura conforme sessão 2.6. O projeto de pesquisa, juntamente com o questionário foi encaminhado ao comitê de ética da Universidade Federal de Sergipe e foi

aprovado pelo parecer Nº 3.686.347 e Certificado de Apresentação e Apreciação Ética (CAAE) nº 20777019.3.0000.5546. Após aprovação, o questionário foi submetido aos empreiteiros envolvidos na construção dos projetos públicos, a fim de perguntar, na visão deles, quais são os principais fatores responsáveis por aditivos de prazo e custo em obras públicas.

- Etapa V – Após a coleta dos dados e ordenamento das respostas dos questionários, os resultados foram analisados com o apoio de planilha eletrônica e *software* estatísticos, e foram propostas medidas, sob a ótica do princípio da construção enxuta, a fim de melhorar o planejamento do tempo de obras públicas.

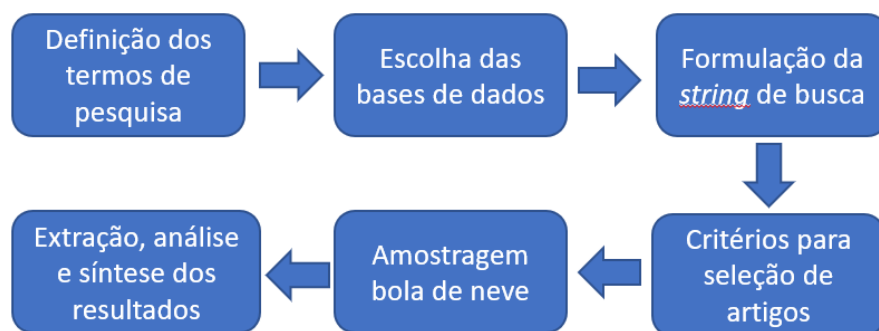
3.2 Mapeamento Sistemático da Literatura

O Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) é definido por Kitchenham (2007) como uma ampla revisão de estudos primários em uma área específica que visa identificar quais evidências estão disponíveis sobre o tópico. Além disso, este tipo de estudo fornece uma indicação sobre a quantidade de evidências.

Desta forma, realizou-se um MSL para fazer um panorama sobre as pesquisas envolvendo as temáticas de *Lean Construction* e Obras públicas, a fim de buscar um melhor embasamento teórico para o trabalho. Vale ressaltar que, durante o processo de busca, não foi feita limitação do período de publicação dos artigos.

Como procedimento de pesquisa, foram utilizados os passos exemplificados por Melo et al. (2013), demonstrados na Figura 5. Este procedimento foi elaborado com base nas diretrizes propostas por Konda e Mandava (2010) e Kitchenham (2007).

Figura 5: Passos realizados para o mapeamento sistemático



Fonte: adaptado de Melo et al. (2013)

Algumas bases de dados exibem outros tipos de materiais como capítulos de livros, *e-books*, dissertações e teses. Contudo, nesta pesquisa, foram analisados apenas artigos publicados em revistas indexadas e no principal congresso internacional da área.

3.2.1 Definição dos termos de pesquisa

Primeiramente, os termos utilizados para a pesquisa foram: (A) *Lean*, (B) *Construction*, (C) *Public* e (D) *Works*. No entanto, em uma análise preliminar dos artigos encontrados, verificou-se que a palavra *public* estava comumente acompanhada das palavras *works*, *projects*, *enterprise*, *sector*, *agencies*, *procurement*, *construction* ou *private partnership*.

Desta forma, definiram-se os seguintes termos finais de pesquisa: (A) *Lean*, (B) *Construction*, (C) *public Works*, (D) *public projects*, (E) *public enterprise*, (D) *public sector*, (E) *public agencies*, (F) *public procurement*, (G) *public construction* ou (H) *public private partnership*.

3.2.2 Escolha das bases de dados

As bases de dados escolhidas para esta pesquisa foram:

- *Scopus*[®];
- *Web of Science*[™].

Os motivos para a escolha dessas bases foram:

- Ambas permitem a formulação de *strings* (combinações) de pesquisa com operadores;
- Os artigos pertencentes ao *International Group for Lean Construction* (IGLC), maior referência na área do *Lean Construction*, estão indexados na base *Scopus*[®] desde 2006.

3.2.3 Formulação da string de busca

A busca limitou-se em procurar os termos pesquisados que estavam contidos no título, resumo ou palavras-chave dos artigos. Conforme explicado na sessão 3.2.1, a palavra *public* era comumente encontrada seguida por outros termos. Dessa forma, a *string* de busca final foi:

- *Lean AND Construction AND (“public Works” OR “public projects” OR “public enterprise” OR “public sector” OR “public agencies” OR “public procurement” OR “public construction” OR “public private partnership”)*

Após realizar a pesquisa utilizando a *string* escolhida, foram encontrados 42 artigos somados nas duas bases de dados e posteriormente foi realizada a análise dos resultados.

3.2.4 *CrITÉRIOS para a seleÇÃO de artigos*

Realizada a pesquisa utilizando a *string* final, leu-se os títulos e resumos de cada artigo, bem como o ano e local de publicação, os autores e as instituições que eles representam.

3.2.5 *Amostragem bola de neve*

Segundo Vinuto (2014), a amostragem bola de neve é uma forma de amostra não probabilística, que utiliza cadeias de referência. Deste modo, esse tipo de amostragem torna-se útil para estudar determinados grupos de difícil acesso.

Assim, foram verificadas as referências dos artigos encontrados nas duas bases de dados pesquisadas, a fim de procurar mais publicações acerca do tema que não foram descobertas com a utilização da *string*.

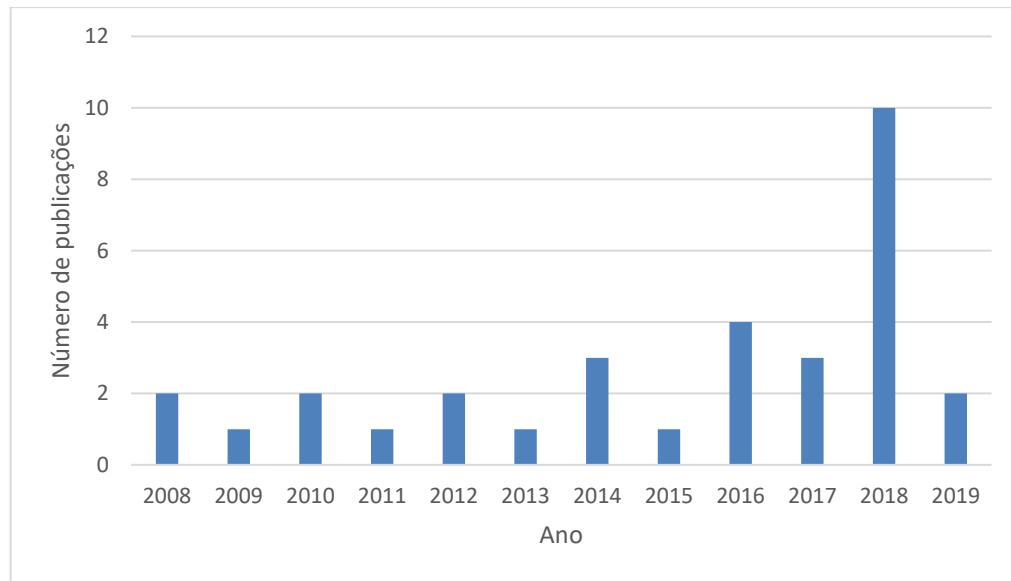
3.2.6 *Extração, análise e síntese dos resultados*

Após a seleção dos artigos referentes ao tema estudado, foram analisados os dados referentes ao ano de publicação, autor, país da instituição na qual os autores representam, meios de publicação e o tipo de artigo.

Foram elaborados quadros e gráficos para criar um panorama de quantidade de publicações e tipo de abordagens delas, bem como forneceu-se subsídios para a revisão sistemática da literatura. As informações obtidas serviram de base para identificar como a construção enxuta tem sido estudada e aplicada em obras públicas, a fim de buscar soluções para o problema de pesquisa.

3.2.7 *Resultados do MSL*

Após a realização da pesquisa com a *string* mencionada na seção 3.2.3, foram encontrados 46 artigos. Utilizando os critérios de seleção da seção 3.2.4, restaram 28 artigos para análise. Por fim, foi realizada a amostragem bola de neve conforme descrito na seção 3.2.5 e o total de artigos encontrados aumentou para 32 trabalhos. A Figura 6 demonstra o número de artigos publicados em cada ano.

Figura 6: Número de artigos publicados em cada ano

Fonte: adaptado de Weber e Santos (2019)

Os resultados demonstram uma abordagem recente entre os conceitos do *Lean Construction* e obras públicas. Como observado na Figura 6, mais de 1/3 dos trabalhos encontrados foram publicados em 2018 e 2019 e a primeira pesquisa encontrada sobre a união desses dois temas foi apenas em 2008. Ressalta-se que não foi imposto nenhum limite de data durante a pesquisa.

Verificou-se também quais países apresentaram um maior número de publicações; os resultados foram compilados no Quadro 4, onde foram separados também pelo ano de publicação para uma melhor percepção dos achados.

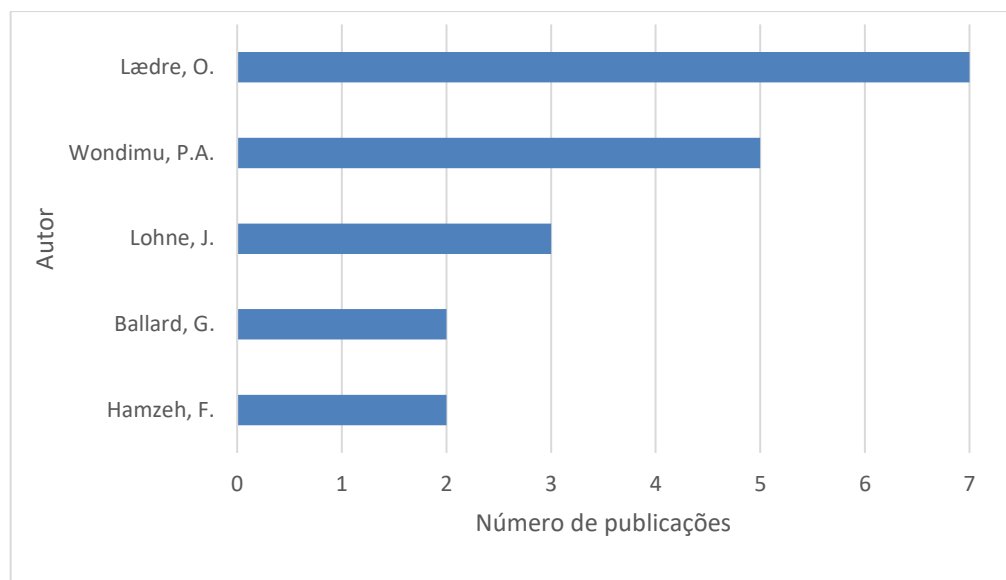
Quadro 4: Número de publicações por ano de cada país

País/Ano	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
Noruega	-	-	-	-	-	-	1	1	2	1	3	2	10
Estados Unidos	-	-	2	1	1	-	1	-	1	2	-	-	8
Reino Unido	1	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	3
Líbano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2
África do Sul	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	2
Nigéria	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2
Marrocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Índia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Brasil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Chile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Hong Kong	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Total	2	1	2	1	2	1	3	1	4	3	10	2	32

Fonte: adaptado de Weber e Santos (2019)

No Quadro 4, verificam-se os países com mais publicações com destaque para Noruega, Estado Unidos e Reino Unido com 10, 8 e 3 publicações cada respectivamente. Alguns países emergentes como Brasil, Índia e Chile obtiveram apenas 1 publicação cada. Na África, a Nigéria se destaca com 2 publicações.

Para verificar quais são os autores mais relevantes dentro desse contexto, foi analisado o número de publicações de cada autor. Os resultados podem ser observados na Figura 7. Foram excluídos os autores com menos de 2 publicações.

Figura 7: Número de publicações por autor

Fonte: adaptado de Weber e Santos (2019)

Destacam-se os noruegueses Lædre, O. e Wondimu, P. A. com 7 e 5 publicações respectivamente. Neste quesito, vale pontuar que todos os trabalhos publicados em nome do autor Wondimu, P.A foram em parceria com o autor Lædre, O.

Foram analisados também os meios de publicação de cada artigo e descrito no Quadro 5; os meios responsáveis por apenas 1 publicação foram compilados no item “outros”.

Quadro 5: Número de publicações de cada meio de publicação

Meio de publicação	Nº de publicações
IGLC – <i>International Group for Lean Construction</i>	23
<i>Journal of Engineering, Design and Technology</i>	2
<i>Lean Construction Journal</i>	2
Outros	5

Fonte: adaptado de Weber e Santos (2019)

O Quadro 5 evidencia que o principal acervo de trabalhos que juntam os dois temas é o *International Group for Lean Construction* com mais de 2/3 das publicações.

Para criação de uma melhor visão sobre as publicações, os resumos das mesmas foram lidos, a fim de identificar qual o tipo de abordagem de cada artigo. As abordagens identificadas foram (Quadro 6): (A) Identificação de oportunidade e desenvolvimento de recomendações de práticas *Lean*; (B) Implantação das práticas e seus benefícios ou falhas; (C) Familiaridade dos

agentes com o *Lean*; (D) Criação de modelo de aplicação e mensuração das práticas *Lean*; (E) Identificação das barreiras para a implementação do *Lean*.

Quadro 6: Número de publicações por tipo de abordagem

Tipo de abordagem	Nº de publicações
Identificação de oportunidade e desenvolvimento de recomendações de práticas <i>Lean</i>	9
Implantação das práticas e seus benefícios ou falhas	19
Familiaridade dos agentes com o <i>Lean</i>	1
Criação de modelo de aplicação e mensuração das práticas <i>Lean</i>	2
Identificação das barreiras para a implementação do <i>Lean</i>	1

Fonte: adaptado de Weber e Santos (2019)

A partir do Quadro 6, verifica-se que se destacam os trabalhos que buscam demonstrar a aplicação das técnicas *Lean* no setor público com 19 publicações, seguido de trabalhos que identificam as oportunidades e desenvolvem recomendações com 9 publicações. Este resultado revela que, em maioria, os trabalhos publicados são frutos de estudos de caso.

3.3 Definição do Universo de Estudo

O objetivo principal dessa pesquisa é identificar as causas principais de aditivos de tempo (prazo) em obras públicas. Para que o objetivo seja alcançado, primeiramente, definiu-se o universo de estudo que seriam as obras públicas de instituições da autarquia federal localizadas em Sergipe.

Primeiramente, buscou-se uma forma de conseguir dados sobre os contratos desses órgãos públicos para que as análises fossem iniciadas e para que o universo de estudo fosse conhecido.

A ferramenta encontrada e escolhida para a pesquisa foi o Portal da Transparência (BRASIL, 2019). Este portal foi lançado pelo Ministério da Transparência e Controladoria-Geral da União em 2004. É um site de acesso livre, no qual qualquer cidadão pode consultar informações sobre os gastos do dinheiro público e sua gestão (BRASIL, 2019).

As informações contidas no Portal da Transparência referem-se ao Poder Executivo e à esfera Federal. O portal dá detalhamento e transparência às informações, seja para a compreensão do cidadão ou por determinação legal. Os dados disponibilizados pelo portal

abrangem as seguintes áreas: orçamento anual; receitas públicas; despesas públicas; recursos transferidos; gastos por cartão de pagamento; áreas de atuação do governo; programas de governo; benefícios aos cidadãos; programas e ações orçamentárias; emendas parlamentares; órgãos do governo; servidores públicos; viagens a serviço; imóveis funcionais; licitações; contratações; convênios e outros acordos e sanções.

Para esta pesquisa, foram consultados os dados sobre contratos de obras. Os dados têm origem no Sistema Integrado de Administração e Serviços Gerais (SIASG) e estão disponíveis desde janeiro de 2013. A periodicidade de atualização dos dados é mensal e o Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão é o órgão responsável pelo envio deles (BRASIL, 2019).

De janeiro de 2013 até maio de 2019, foram celebrados 106 contratos, excluindo-se os contratos rescindidos, com um valor total de R\$242.269.571,68 que variam entre R\$14.000,00 e aproximadamente R\$24.000.000,00.

3.4 Análise dos Contratos

Dentro do sistema de pesquisa de contrato, é possível adicionar alguns filtros para a busca, como: período de vigência; período de assinatura do contrato; órgão; forma de contratação; grupo de objeto de contratação; fornecedor; município do fornecedor; número do contrato; situação e valor do contrato. Como esta pesquisa limita-se aos contratos de obras, primeiramente inseriu-se o filtro de obras dentro de grupo de objeto de contratação.

Após a aglomeração dos dados de todos os contratos em planilha eletrônica, classificou-se na planilha eletrônica em função da situação para que fossem removidos os contratos rescindidos. Em seguida, procurou-se os contratos em que a unidade gestora fosse um órgão federal localizado em Sergipe. Foram retirados os contratos com valor inferior a R\$300.000,00, pois, após uma breve análise, verificou-se que estes, em sua maioria, representavam contratos de contratação de projetos de arquitetura e engenharia e não de construção ou reforma.

Em seguida, os contratos foram analisados um a um para que se verificasse quais contiveram aditivos de prazo e o resultado desta última análise resultou o universo de estudo desta pesquisa.

Por fim, a amostra foi extratificada em três grupos: Obras de reforma, Obras de construção e Obras de infraestrutura. A separação entre esses três grupos se mostra importante para verificar se existe diferença entre os motivos que geram aditivo de prazo em obras públicas de acordo com a natureza da obra.

3.5 Amostra Representativa

Para a definição de uma amostra representativa para aplicação dos questionários, com questões abertas e fechadas, utilizou-se a Equação (1) apresentada por Martins (2008) para a definição de tamanho de amostra aleatória estratificada para uma população finita.

$$n = \frac{\sum (\frac{N_i^2 \hat{p}_i (1-\hat{p}_i)}{W_i})}{N^2 D + \sum N_i \hat{p}_i (1-\hat{p}_i)} \text{ para } i = 1, 2, 3, \dots, k \quad (1)$$

em que:

N_i é o tamanho da população de cada grupo;

N é o tamanho da população;

\hat{p}_i é a estimativa da proporção;

\hat{q} é o complementar de \hat{p} , isto é, $1-\hat{p}_i$;

$$W_i = \frac{N_i}{N};$$

$$D = \frac{d^2}{Z_{\alpha/2}^2};$$

d é o erro amostral;

Z é a abscissa da distribuição normal padrão;

n é o tamanho da amostra aleatória estratificada a ser selecionada da população.

Após a definição da amostra, voltou-se à lista de obras elaborada no item 3.4, para a escolha das empresas cujos representantes foram entrevistados. Essa escolha foi aleatória e por facilidade de acesso.

3.6 Elaboração e Aplicação dos Questionários

O questionário foi elaborado com base nos trabalhos mencionados na seção 2.6 (Ahmed et al., 2001; Kaliba, 2010; Santos, 2015; Larsen et al., 2015; Al Hazin; Salem, 2015; Zidane; Andersen, 2018; Alvarenga, 2019; Durdyev; Hosseini, 2019) e adaptado à realidade da presente pesquisa. As causas de aditivo de prazo foram divididas em grupos conforme sua origem: Aspectos naturais; Aspectos relacionados à concepção do empreendimento; Aspectos relacionados à construção; Aspectos relacionados ao gerenciamento do contrato; Aspectos financeiros e econômicos; Aspectos legais.

O questionário foi desenvolvido de modo que os respondentes assinalavam a resposta em escala likert de 1 a 5 (Apêndice A), onde cada número representa o nível de influência de cada fator para que tenha ocorrido aditivo de prazo na obra. A escala foi feita da seguinte forma: 1- Nenhuma influência; 2- Pouca influência; 3- Média influência; 4- Muita influência; 5- Influência determinante. Deste modo, a influência é uma variável qualitativa ordinal, conforme já mencionado. Assim, deve-se trabalhar com a mediana dos valores obtidos.

Buscou-se os contatos dos engenheiros responsáveis pelas obras selecionadas para que fosse aplicado o questionário. Em sua maioria os questionários foram aplicados presencialmente. Os casos em que não foi possível aplicar presencialmente devido à disponibilidade do engenheiro ou o fato do respondente residir em outro estado, o questionário foi enviado via correspondência eletrônica, respondido e devolvido ao pesquisador.

Os questionários foram aplicados com os engenheiros das empresas contratadas que tiveram ligação direta com a gestão da obra. O período de aplicação do questionário foi de 06 de janeiro de 2020 à 11 de fevereiro de 2020.

3.7 Análise Estatística

Por fim, os resultados obtidos foram condensados, analisados e apresentados utilizando ferramentas gráficas de planilha eletrônica. Utilizou-se o *software* estatístico SigmaPlot versão 14.0 para realizar os testes de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney, a fim de verificar se estatisticamente há diferença entre as medianas dos resultados obtidos para cada grupo de obra.

O teste de Kruskal-Wallis é um teste não paramétrico para comparar três ou mais populações, onde sua hipótese nula afirma que todas as populações possuem funções de distribuição iguais, enquanto a hipótese alternativa afirma que pelo menos uma delas possui distribuição diferente (MARTINS; DOMINGUES, 2011).

Como o teste de Kruskal-Wallis não diz qual a população que possui distribuição diferente, nos casos em que o teste de Kruskal-Wallis rejeitava a sua hipótese nula, foi utilizado o teste de Mann-Whitney feito aos pares para verificar qual(is) população(ões) possui(m) distribuição diferente.

No teste de Mann-Whitney, a hipótese nula afirma que não existe diferença estatística entre os grupos e a hipótese alternativa afirma que tem diferença (MARTINS; DOMINGUES, 2011).

4 RESULTADOS

4.1 Análise dos Contratos

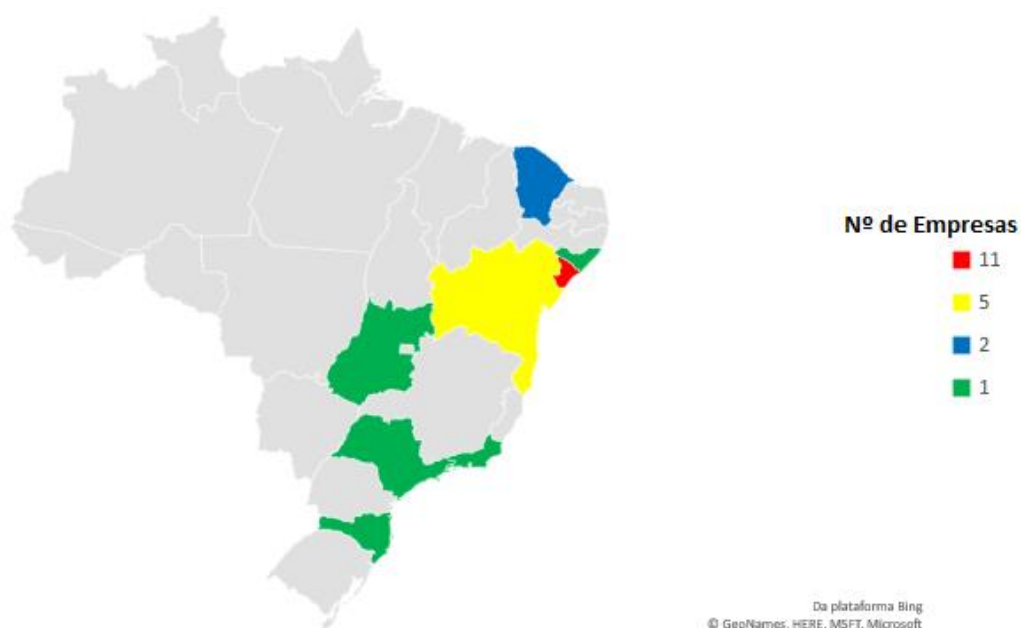
Após a aplicação do procedimento mencionado na seção 3.4, foram encontrados 7355 contratos de obras em todo território nacional entre janeiro de 2013 e abril de 2019. O valor total desses contratos é de R\$26.823.902.658,03.

Após a aglomeração de todos esses contratos em uma planilha eletrônica, foi feita a exclusão daqueles que constavam como rescindidos. Desta forma, o número de contratos baixou para 7154 com um valor total de R\$24.964.218.634,70. Em Sergipe, como mencionado anteriormente, foram localizados 106 contratos com um valor total de R\$242.269.571,68.

Após uma análise preliminar, verificou-se que os contratos abaixo de R\$300.000,00, em sua maioria, tratavam da contratação de projetos de arquitetura e/ou engenharia, conforme já mencionado. Assim, o número de contratos a analisar caiu de 106 para 73.

Por fim, verificou-se quais desses 73 contratos tiveram aditivo de prazo. O resultado encontrado foi de 43 contratos, que ficou definido como a “população” desta pesquisa. Esses contratos foram executados por 23 empresas distintas. A Figura 8 mostra os estados onde cada fornecedor está localizado.

Figura 8: Localização dos fornecedores



Fonte: autor (2019)

Verifica-se que em Sergipe estão localizadas 11 das 23 empresas, na Bahia encontram-se 5 fornecedores e no Ceará 2. Alagoas, Goiás, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina são os estados sedes de apenas 1 empresa cada. Ao separar o número de contrato pelo estado da sede das empreiteiras, obteve-se o Quadro 7.

Quadro 7: Número de Contratos por estado da sede das empresas

Estado da sede das empresas	Nº de contratos
Sergipe	29
Bahia	6
Ceará	2
Rio de Janeiro	2
Alagoas	1
São Paulo	1
Goiás	1
Santa Catarina	1
TOTAL	43

Fonte: autor (2019)

O Quadro 7 demonstra que a maioria dos contratos é realizado por empresas locais. Em segundo lugar, encontra-se empresas localizada na Bahia, que faz fronteira com Sergipe.

Como visto, dos 73 contratos restantes, foram encontrados aditivos de prazo em 43, o que resulta em 58,90% dos contratos.

Após analisar cada um dos contratos, verificou-se o prazo aditado de cada um deles e foi feita a proporção entre o prazo aditado e a vigência original do contrato. Foram calculados a média e o desvio padrão, assim como os valores máximos e mínimos da população (Tabela 1).

Tabela 1: Análise estatística dos aditivos de prazo

Média	96,92%
Máximo	275,00%
Mínimo	14,29%
Amplitude	260,71%
Desvio padrão	61,21%

Fonte: autor (2019)

A Tabela 1 mostra que, em média, os contratos públicos estudados são aditados em 96,92% do seu prazo original com um desvio padrão de 61,21%. Além disso, o caso de maior destaque foi de um aumento de prazo de 275% do prazo licitado.

4.2 Amostra Representativa

Para calcular o tamanho mínimo da amostra estratificada, utilizou-se a Equação 1 descrita na seção 3.5.

O tamanho da população foi de 43 contratos. Foi assumido 0,5 como a estimativa de proporção para se assumir a pior situação. O erro amostral aceitável foi definido como 10% e o nível de confiança de 90%.

Verificou-se o objeto de cada um dos 43 contratos selecionados e classificou-se a obra de acordo com sua natureza: Infraestrutura, Construção ou Reforma. Os resultados obtidos foram 20 obras de infraestrutura, 10 obras de reforma e 13 obras de construção.

Desta forma, substituindo os valores acima na Equação 1, obtêm-se o valor de $n=19$. Isto significa que devem ser analisado pelo menos 19 contratos para que os resultados estejam dentro do nível de confiança escolhido e com a margem de erro aceitável. Desses 19, após arredondamento para cima, 9 devem ser de infraestrutura, cinco de reforma e seis de construção.

No total, foram obtidos 21 questionários respondidos sendo 9 de infraestrutura, 6 de reforma e 6 de construção. Desta forma, a amostra representativa foi atingida.

4.3 Principais causas dos aditivos de prazo em obras públicas – Aplicação dos questionários.

O objetivo da aplicação do questionário foi verificar, na visão dos empreiteiros, quais os principais fatores que motivaram a necessidade de aditivos de prazo em obras públicas.

No total, os questionários foram aplicados com 12 engenheiros responsáveis por 21 obras públicas federais no estado de Sergipe. Alguns engenheiros foram responsáveis por mais de uma obra.

A Tabela 2 apresenta as medianas dos valores obtidos para cada tipo de obra e a mediana total de todas as obras para os fatores relacionados a aspectos naturais.

Tabela 2: Resultados para os fatores relacionados à Aspectos Naturais

ASPECTOS NATURAIS					
Cod.	Fator	Tipo da obra			Mediana Geral
		Infraestrutura	Construção	Reforma	
1.1	Condições climáticas desfavoráveis	2	3,5	2	2
1.2	Problemas no solo	3	2	1	2

Fonte: autor (2020)

Os resultados demonstram que as condições climáticas afetam mais as obras de construção. Em relação aos problemas no solo, verifica-se que eles influenciam mais em obras de infraestrutura, resultado esse que corrobora com os achados de Al Hazim e Abusalem (2015). Contudo, de maneira geral, verifica-se que os aspectos naturais tiveram pouca influência para a geração de aditivo de tempo nas obras estudadas.

Em relação aos aspectos relacionados à concepção do empreendimento, a Tabela 3 exibe os resultados encontrados.

Tabela 3: Resultados para os Aspectos Relacionados à Concepção do Empreendimento

ASPECTOS RELACIONADOS À CONCEPÇÃO DO EMPREENDIMENTO					
Cod.	Fator	Tipo da obra			Mediana Geral
		Infraestrutura	Construção	Reforma	
2.1	Alterações nos projetos e especificações	3	3,5	4	3
2.2	Ausência de projetos	2	3,5	3	3
2.3	Projetos Incompletos	2	3	3,5	3
2.4	Erros de projeto	3	3	3	3
2.5	Cronograma Irrealista	2	4	2,5	3
2.6	Erros nos quantitativos do orçamento	3	4	4	4
2.7	Complexidade dos projetos	1	2	1,5	1
2.8	Incompatibilidade de projeto	2	4	3	3
2.9	Falta de clareza nos projetos	2	2	2,5	2
2.10	Falta de clareza no memorial descritivo	1	2,5	2	2

Fonte: autor (2020)

Através da Tabela 3, verifica-se que 2.6 Erros nos quantitativos do orçamento foi classificado como muita influência para a necessidade de prolongamento do tempo das obras estudadas. 2.1 Alteração nos projetos e especificações; 2.2 Ausência de projetos; 2.3 Projetos incompletos; 2.4 Erros de projeto; e 2.8 Incompatibilidade de projeto obtiveram o *score* 3, que significa que exerceram uma média influência.

Ao verificar por tipo de obra, em obras de Infraestrutura destacam-se as 2.1 Alterações nos projetos e especificações, 2.4 Erros de projeto e 2.6 Erros nos quantitativos do orçamento. Para obras de Construção, os únicos fatores com pouca influência foram a 2.7 Complexidade dos projetos e a 2.9 Falta de clareza nos projetos. Por fim, em obras de Reforma, a 2.1 Alteração

nos projetos e especificações e 2.6 Erros nos quantitativos do orçamento foram os itens com maior relevância.

Os resultados referentes aos aspectos relacionados à construção do empreendimento são observados no Tabela 4.

Tabela 4: Resultados para os Aspectos Relacionados à Construção

ASPECTOS RELACIONADOS À CONSTRUÇÃO					
Cod.	Fator	Tipo da obra			Mediana Geral
		Infraestrutura	Construção	Reforma	
3.1	Falta de mão de obra qualificada	1	1	1	1
3.2	Desempenho ruim das empresas terceirizadas	1	1,5	1,5	1
3.3	Falta de disponibilidade de equipamento	1	1	1	1
3.4	Mau estado de conservação dos equipamentos utilizados	1	1	1	1
3.5	Baixa produtividade dos equipamentos	1	1	1	1
3.6	Erros construtivos que geraram retrabalho	1	2	1,5	1
3.7	Atraso na compra dos materiais	2	1,5	1,5	2
3.8	Condições encontradas no canteiro diferente das previstas	1	2	1	1
3.9	Atraso na entrega dos materiais	1	1,5	1	1
3.10	Problemas relacionados à segurança do trabalho	1	1	1	1
3.11	Mau dimensionamento da mão de obra	1	1	1	1
3.12	Atrasos em ensaios ou testes	1	1	1	1
3.13	Escassez dos materiais no mercado	1	2	1	1
3.14	Problemas com a qualidade dos materiais comprados	1	1,5	1	1
3.15	Greve dos colaboradores	1	1	1	1
3.16	Ausência de melhor tecnologia empregada no serviço	1	1	1	1

Fonte: autor (2020)

Sobre os fatores relacionados à construção do empreendimento, os resultados demonstraram que, segundo os respondentes, praticamente não influenciaram a realização de aditivo de prazo nas obras estudadas.

Este resultado provavelmente se deve ao fato de que os respondentes foram os engenheiros responsáveis pela construção do empreendimento e, na visão deles, os problemas não estão no seu próprio gerenciamento do canteiro.

A Tabela 5 expõe os resultados dos fatores relacionados ao gerenciamento do contrato.

Tabela 5: Resultados para os Aspectos Relacionados ao Gerenciamento de Contrato

ASPECTOS RELACIONADOS AO GERENCIAMENTO DO CONTRATO					
Cod.	Fator	Tipo da obra			Mediana Geral
		Infraestrutura	Construção	Reforma	
4.1	Demora na liberação de frente de serviços pelo Contratante	1	3,5	1,5	2
4.2	Demora na aprovação de alterações contratuais (replanilhamentos e aditivos de prazo)	3	4	2,5	3
4.3	Demora na tomada de decisão (busca por solução) pelo contratante na ocorrência de algum problema	1	3	2,5	2
4.4	Interferência de terceiros	2	3	1,5	2
4.5	Falta de um representante capaz da Administração	1	2	1,5	1
4.6	Demora na conferência dos serviços pela equipe de fiscalização	1	2,5	1	1
4.7	Greve do Órgão público	1	1	1	1

Fonte: autor (2020)

Verifica-se na Tabela 5 que a 4.2 Demora na aprovação de alterações contratuais se destaca em relação às outras e foi classificada como média influência para a realização de aditivos de prazo na mediana geral. Contudo, de acordo com o tipo de obras, os resultados encontrados foram diferentes. Além da demora na aprovação de alterações contratuais (fator 4.2), a 4.2 Demora na liberação de frente de serviços pelo Contratante, a 4.3 Demora na tomada de decisão pelo contratante na ocorrência de algum problema e a 4.4 Interferência de terceiros,

foram fatores relevantes para obras de construção. A Tabela 6 apresenta os resultados para os Aspectos Financeiros e Econômicos.

Tabela 6: Resultados para os Aspectos Financeiros e Econômicos

ASPECTOS FINANCEIROS E ECONÔMICOS					
Cod.	Fator	Tipo da obra			Mediana Geral
		Infraestrutura	Construção	Reforma	
5.1	Atrasos nos pagamentos pelo Contratante	2	5	3	3
5.2	Alta flutuação nos preços dos materiais	1	3	1	1
5.3	Dificuldades financeiras da empresa	1	1	1	1
5.4	Preço do orçamento de referência não realista	1	3	1,5	1

Fonte: autor (2020)

Os resultados da Tabela 6 apontam que apenas 5.1 Atrasos nos pagamentos pelo Contratante é um fator que influencia na adição de tempo em obras públicas. No caso, foi classificado como média influência. Em obras de Construção, esse fator foi apontado como influência determinante. Além desse, em obras de Construção, a 5.2 Alta flutuação nos preços dos materiais e o 5.4 Preço do orçamento de referência não realista, obtiveram destaque nos resultados.

O último grupo de fatores são os relacionados com Aspectos Legais (Tabela 7).

Tabela 7: Resultados para os Aspectos Legais

ASPECTOS LEGAIS					
Cod.	Fator	Tipo da obra			Mediana Geral
		Infraestrutura	Construção	Reforma	
6.1	Alterações nas leis	1	1	1	1
6.2	Alterações nas Normas	1	1	1	1
6.3	Sanções impostas por algum órgão fiscalizador (CREA, Ministério do Trabalho, IPHAN etc.)	1	1	1	1
6.4	Ausência de documentos legais (Licenças ambientais, autorizações do IPHAN etc.)	1	1	1	1

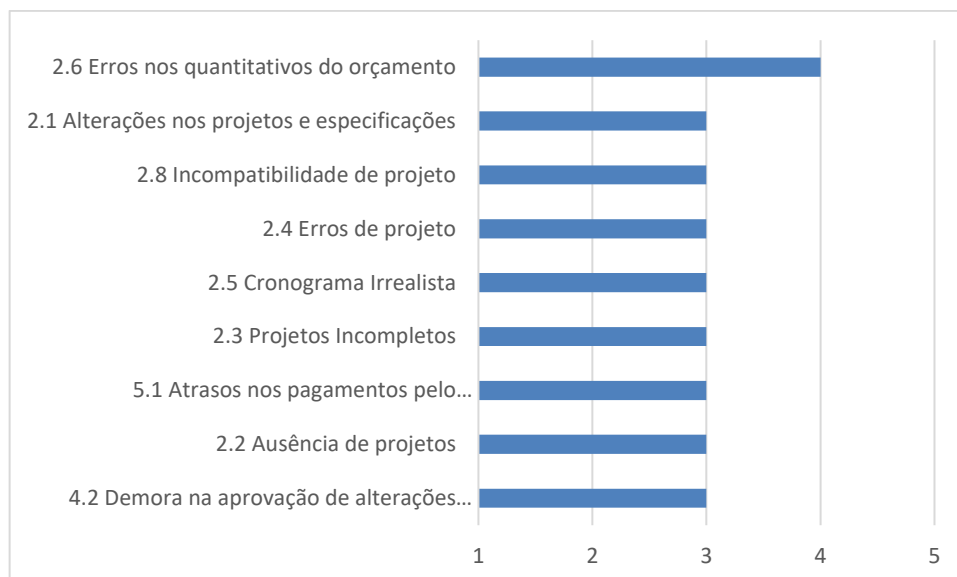
Fonte: autor (2020)

A Tabela 7 informa que os Aspectos Legais não exerceram influência para a necessidade de aditivo de prazo nas obras públicas do objeto de estudo.

Com os resultados adquiridos, pode-se verificar quais os fatores mais causaram prorrogações de prazo em obras por tipo de empreendimento. Para esta análise foram considerados os fatores com medianas a partir de 3, que são classificados como “média influência”.

A Figura 9 apresenta o resultado geral das obras estudadas, ou seja, considerando todas as 21 obras independentemente de qual tipo ela seja.

Figura 9: Principais motivadores de aditivo de prazo nas obras estudadas



Fonte: autor (2020)

A partir da Figura 9 observa-se que os erros nos quantitativos do orçamento foi o principal fator encontrado para a existência de aditivos de prazo em obras públicas, classificada nessa pesquisa como “muita influência”. Ao comparar com a literatura, este fator foi a quarta maior causa na pesquisa de Santos (2015) e a segunda maior causa em Alvarenga (2019).

Os fatores 2.1 Alterações nos projetos e especificações; 2.8 Incompatibilidade de projeto; 2.4 Erros de projeto; 2.5 Cronograma Irrealista; 2.3 Projetos incompletos; 5.1 Atrasos nos pagamentos pelo contratante; 2.2 Ausência de Projetos e 4.2 Demora na aprovação de alterações contratuais obtiveram *score* 3, sendo classificados como média influência. Os demais fatores obtiveram *score* menor que 2, sendo de pouca ou nenhuma influência.

O fator 2.1 Alterações de projetos é citado como uma das principais causas nos trabalhos de Ahmed et al. (2002), Kaliba (2010), Zidane e Andersen (2018) e Alvarenga (2019). Já o

fator 2.8 Incompatibilidade de projetos pode ser verificado no trabalho de Santos (2015) como um dos principais causadores de acréscimo de prazo. O fator 2.4 Erros de projeto é mencionado no *top* 10 de fatores nas pesquisas de Santos (2015), Al Hazim e Abusalem (2015), Zidane e Andersen (2018) e Durdyev e Hosseini (2019).

O fator 2.5 Cronograma irrealista é considerado como a principal causa de aditivo de prazo em obras públicas no trabalho de Santos (2015). Ademais, este fator está entre as 10 maiores causas nos trabalhos de Larsen et al. (2015), Al Hazim e Abusalem (2015), Zidane e Andersen (2018) e Durdyev e Hosseini (2019).

Projetos incompletos (fator 2.3) está entre as principais causas nos trabalhos de Ahmed et al. (2002) e Zidane e Andersen (2018). O atraso de pagamento (fator 5.1) pode ser encontrado como um dos maiores motivadores nos trabalhos de Kaliba (2010), Zidane e Andersen (2018) e Durdyev e Hosseini (2019).

A demora na aprovação de alterações contratuais (fator 4.2) pode ser verificada no trabalho de Santos (2015).

Os principais fatores encontrados nesta pesquisa são os principais fatores encontrados nas outras pesquisas mencionadas na revisão da literatura. Desta forma, os resultados obtidos corroboram em grande maioria com os encontrados na literatura disponível.

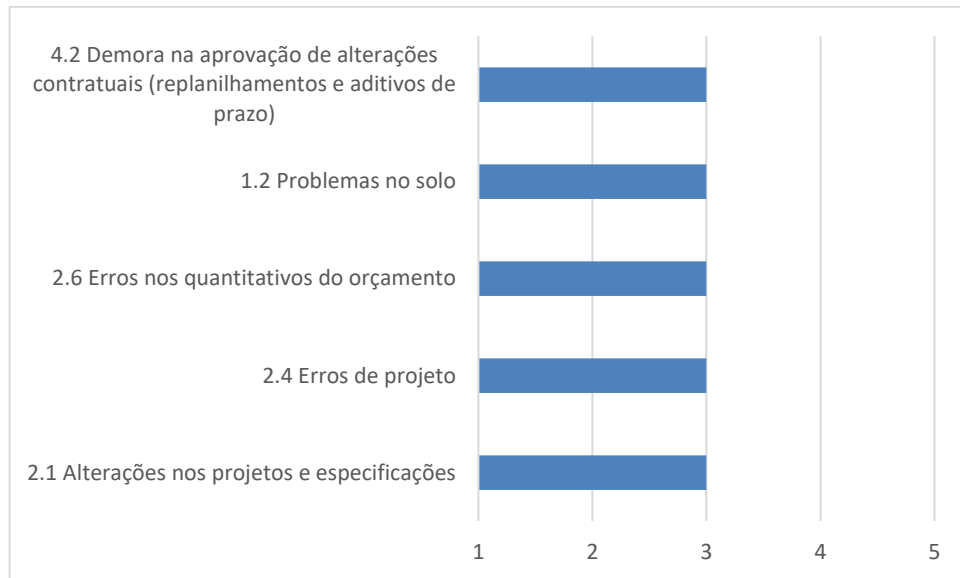
Verifica-se ainda que 7 dos 9 principais fatores são relacionados com a concepção do empreendimento. Desta forma, o uso de ferramentas *Lean* na fase anterior à licitação é uma alternativa viável para a diminuição do impacto desses fatores.

Bernstein et al. (2014), através de uma pesquisa com o uso do BIM em 10 países, identificaram os benefícios da sua utilização: Redução de erros e omissões (41%); Colaboração com proprietários e projetistas (35%); Melhora na imagem da organização (32%); Redução de retrabalho (31%); Redução de custos construtivos (23%); Melhor controle de custo/previsibilidade (21%); Redução no tempo total do empreendimento (19%). Assim, o BIM pode se transformar numa ferramenta essencial para a melhoria do planejamento do tempo nas organizações públicas.

Além disso, Brito (2019) indicou que o uso do BIM aumenta a transparência no uso dos recursos públicos. Vale ressaltar que o aumento de transparência no processo é um dos princípios da Construção Enxuta. O BIM é responsável pelo fluxo transparente de informações e pode fornecer outra camada de transparência, responsabilidade e controle social sobre os processos (PITTA; TRAMONTANO, 2017).

Além da análise do resultado geral das obras pesquisadas, é possível verificar os principais fatores por tipo de obra. A Figura 10 apresenta os principais fatores encontrados para obras de Infraestrutura.

Figura 10: Principais motivadores de aditivo de prazo em obras de Infraestrutura



Fonte: autor (2020)

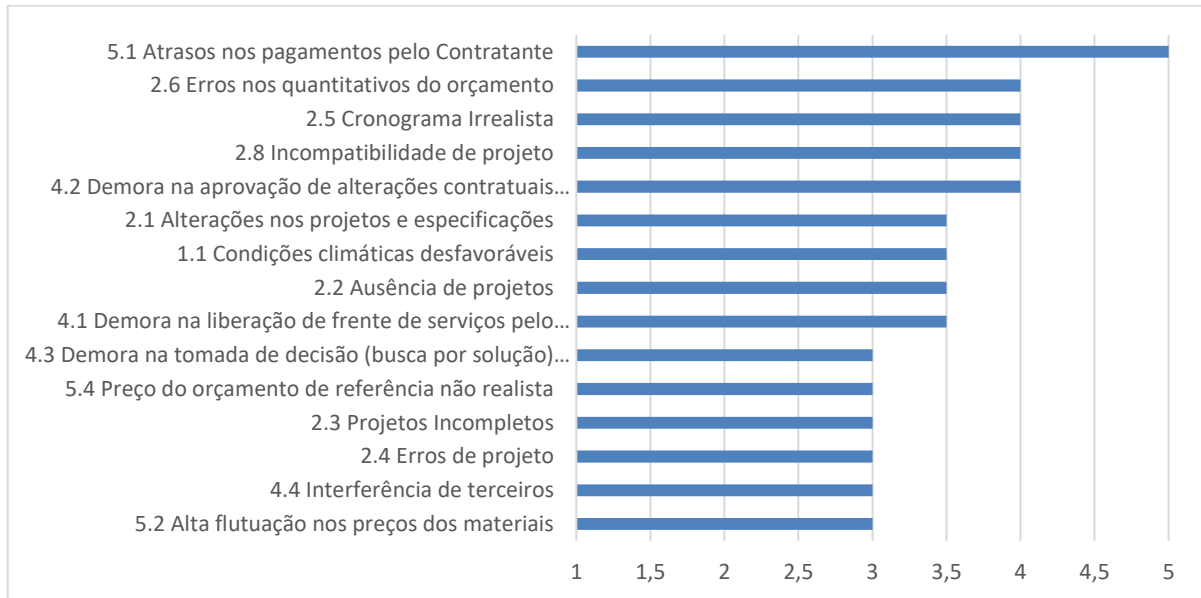
Os principais fatores encontrados para obras de Infraestrutura são: 4.2 demora na aprovação de alterações contratuais; 1.2 problemas no solo; 2.6 erros nos quantitativos do orçamento; 2.4 erros de projeto; e 2.1 alterações nos projetos e especificações.

Verifica-se que em obras de infraestrutura poucos fatores foram considerados relevantes. Problemas no solo exerceu influência apenas em obras de infraestrutura, o que pode ser explicado por serem obras que, normalmente, necessitam de muito movimento de terra. Com isso, a falta de uma investigação adequada no solo do local da obra e a falta de estudo e planejamento do solo para uma possível necessidade de material de empréstimo pode causar atraso nesse tipo de obra.

É possível perceber que esses fatores estão intimamente ligados. Um problema no solo, pela falta de um estudo preliminar, gera erros de projeto, que, consequentemente, necessitam de alterações nos projetos e na especificação, o que gera um erro no orçamento e, por fim, pode gerar uma demora na aprovação de alterações contratuais. Desta forma, um problema que poderia ser resolvido no início gera bastante perda, surgindo assim um grande número de

atividades que não agregam valor. A Figura 11 apresenta os resultados para as obras de Construção.

Figura 11: Principais motivadores de aditivo de prazo em obras de Construção

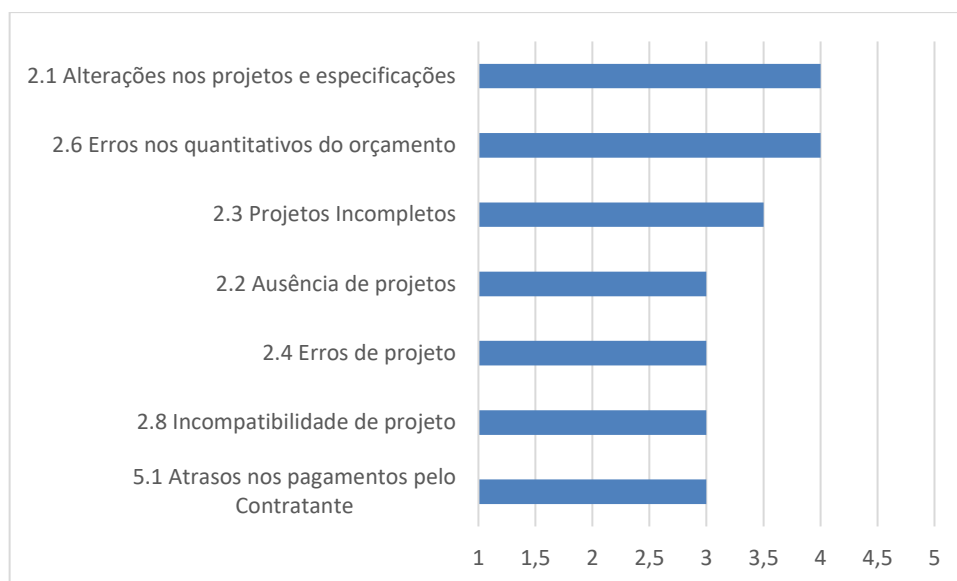


Fonte: autor (2020)

Verifica-se que o fator 5.1 Atrasos nos pagamentos pelo Contratante foi classificado como influência determinante e é o principal motivador de aditivo de prazo em obras de construção. Este resultado pode ser interpretado pelo fato do maior valor das obras de Construção, que gera faturas, normalmente, maior que as demais obras, o que faz com que seu atraso causa um maior dano na saúde financeira da contratada.

Os fatores 2.6 Erros nos quantitativos do orçamento, 2.5 Cronograma Irrealista e 2.8 Incompatibilidade de projeto, relacionados com a concepção do empreendimento e o fator 4.2 Demora na aprovação de alterações contratuais, relacionado com o gerenciamento do contrato, obtiveram *score* 4, sendo classificados como muita influência. Para obras de reforma, a Figura 12 apresenta os principais motivadores de aditivo de prazo.

Figura 12: Principais motivadores de aditivo de prazo em obras de Reforma



Fonte: autor (2020)

Alterações nos projetos e especificações e erros nos quantitativos do orçamento foram consideradas as principais causas de aditivo de tempo e foram classificadas como “muita influência”. Esses fatores foram seguidos de projetos incompletos, ausência de projetos, erros de projeto, incompatibilidade de projeto e atrasos nos pagamentos pelo contratante.

Verifica-se que seis dos sete fatores para este tipo de obra estão relacionados com a concepção do empreendimento.

Ao analisar os resultados das Figuras 10, 11 e 12, percebe-se que os fatores 2.1 Alterações nos projetos e especificações, 2.4 Erros de projeto e 2.6 Erros nos quantitativos do orçamento estão presentes em todos os tipos de obras. O *score* obtidos pelos fatores 2.6 e 2.1 em obras de Construção e Reforma foram diferentes do encontrado em obras de Infraestrutura. Contudo, foi realizado o teste de Kruskal-Wallis (Apêndice B) e verificou-se que não existe diferença estatística significativa entre eles, ou seja, não se pode rejeitar a hipótese nula de que eles provém da mesma população.

Os itens 1.1 Condições climáticas desfavoráveis, 2.5 Cronograma irrealista, 4.1 Demora na liberação de frente de serviço pelo contratante, 4.4 Interferência de terceiros e 5.2 Alta flutuação nos preços dos materiais foram relevantes apenas em obras de Construção. Contudo, o resultado do teste de Kruskal-Wallis nos resultados desses itens afirmou que não existe diferença estatística significativa entre os três grupos de obras. Desta forma, pode ser que esses fatores não sejam tão importantes para obras de Construção.

Os itens 4.3 Demora na tomada de decisão (busca por solução) pelo contratante na ocorrência de algum problema e 5.4 Preço do orçamento de referência não realista também só foram considerados significativos em obras de Construção. Diferentemente dos fatores anteriores, o teste de Kruskal-Wallis mostrou que se pode rejeitar a hipótese nula de que os resultados podem ser considerados iguais. Assim, foi realizado o teste de Mann-Whitney aos pares para verificar onde está o resultado diferente.

Para o item 4.3 Demora na tomada de decisão (busca por solução) pelo contratante na ocorrência de algum problema, ao realizar o teste entre os resultados obtidos para obras de Construção (*score* 3) e Infraestrutura (*score* 1), constatou-se que os resultados podem ser considerados diferentes ($p=0,003$). Entre os grupos Construção (*score* 3) e Reforma (*score* 2,5) não se pode afirmar que os resultados são diferentes ($p=0,24$). Por fim, entre os grupos Reforma (*score* 2,5) e Infraestrutura (*score* 1), não há diferença estatística significativa para se rejeitar a hipótese nula ($p=0,208$).

Com isso, pode-se afirmar que a demora na tomada de decisão (busca por solução) pelo contratante na ocorrência de algum problema é mais importante em obras de Construção em comparação com obras de Infraestrutura. No entanto, não se pode afirmar que é mais significativo em obras de Construção se comparar com obras de Reforma, ou seja, pode ser que esse fator também seja importante em obras de Reforma.

Em relação ao item 5.4 Preço do orçamento de referência não realista, os teste de Mann-Whitney apontaram que há diferença significativa ($p=0,010$) entre Construção (*score* 3) e Infraestrutura (*score* 1). Nos demais pares, não se pode rejeitar a hipótese de que os dois resultados podem ser iguais. Desta forma, pode-se afirmar que preço de orçamento de referência não realista é mais importante em obras de Construção quando se compara com obras de Infraestrutura. Ademais, este fator pode ser um fator relevante também em obras de Reforma.

Os itens 2.2 Ausência de projetos, 2.3 Projetos Incompletos e 2.8 Incompatibilidade de projeto foram citados como relevantes em obras de Construção e de Reforma. Após a aplicação do teste de Kruskal-Wallis, verificou-se que não existe diferença significativa entre os resultados dos três grupos. Com isso, estes fatores podem ser importante também em obras de Infraestrutura.

O fator 4.2 Demora na aprovação de alterações contratuais foi considerado relevante em obras de Construção e Infraestrutura. No entanto, o teste de Kruskal-Wallis informa que não

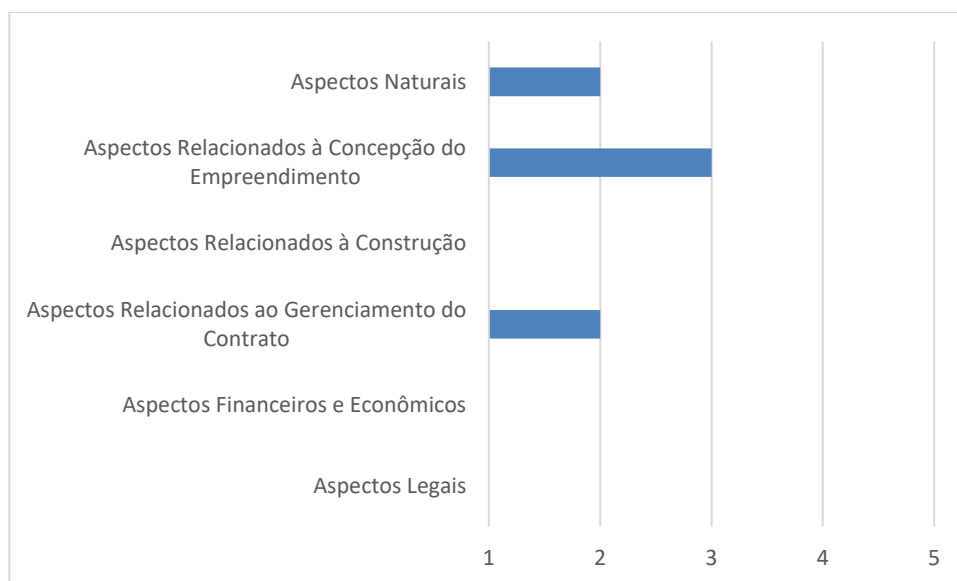
se pode rejeitar a hipótese de que os resultados dos três grupos vem da mesma população. Assim, este fator pode ser importante também em obras de Reforma.

O fator 5.1 Atraso de pagamento pelo contratante aparece com ênfase em obras de Construção (*score* 5) e Reforma (*score* 3), em obras de Infraestrutura ele não surge na lista dos principais fatores (*score* 2). O teste de Kruskal-Wallis informou que existe diferença entre os resultados em função do tipo de obra. Desta forma, foram realizados os testes de Mann-Whitney aos pares para verificar onde estava a diferença.

Entre obras de Construção e Reforma existe diferença estatisticamente significativa ($p=0,041$). Entre obras de Construção e Infraestrutura também existe diferença estatisticamente significativa ($p=0,043$). Contudo, não existe diferença significativa entre os resultados de Reforma e Infraestrutura ($p=0,35$). Desta forma, pode-se afirmar que em obras de Construção o atraso de pagamento pelo contratante é um fator determinante para a ocorrência de aditivos de prazo em obras públicas de Construção e é mais relevante em obras de Infraestrutura e de Reforma. Além disso, os resultados dos testes estatísticos dizem que esse fator pode ser relevante em obras de Infraestrutura ou pode não ser relevante em obras de Reforma.

Por fim, o item 1.2 Problemas no solo foi considerado relevante apenas em obras de Infraestrutura. Contudo, o teste de Kruskal-Wallis diz que não se pode desconsiderar a hipótese de que os resultados sejam iguais. Assim, pode ser que problemas no solo não seja um fator realmente relevante.

Outra possível análise a ser feita é verificar qual aspecto exerce maior influência para a realização de aditivos de prazo em obras públicas. Foi calculada a mediana de cada grupo de perguntas (aspectos), considerando as 21 obras estruturadas, e os resultados estão expostos na Figura 13.

Figura 13: Influência de cada aspecto

Fonte: autor (2020)

O teste de Mann-Whitney foi aplicado aos pares em todos os aspectos e o resultado comprova que existe diferença significativa entre o grupo dos Aspectos Relacionados à Concepção do Empreendimento e os demais aspectos. Existe também diferença entre os Aspectos com *score* 2 e os Aspectos com *score* 1.

Assim, pode-se afirmar que os fatores relacionados à concepção do empreendimento exercem maior influência que os demais grupos de fatores e são classificados como “média influência”. Os fatores relacionados aos aspectos naturais e ao gerenciamento do contrato são classificados como “pouca influência”, enquanto os demais grupos de fatores, no geral, foram classificados como “nenhuma influência”. Contudo, mesmo o resultado do grupo sendo assinalado com pouca ou nenhuma influência, existem fatores dentro dos mesmo que podem ser considerados influentes, como visto anteriormente.

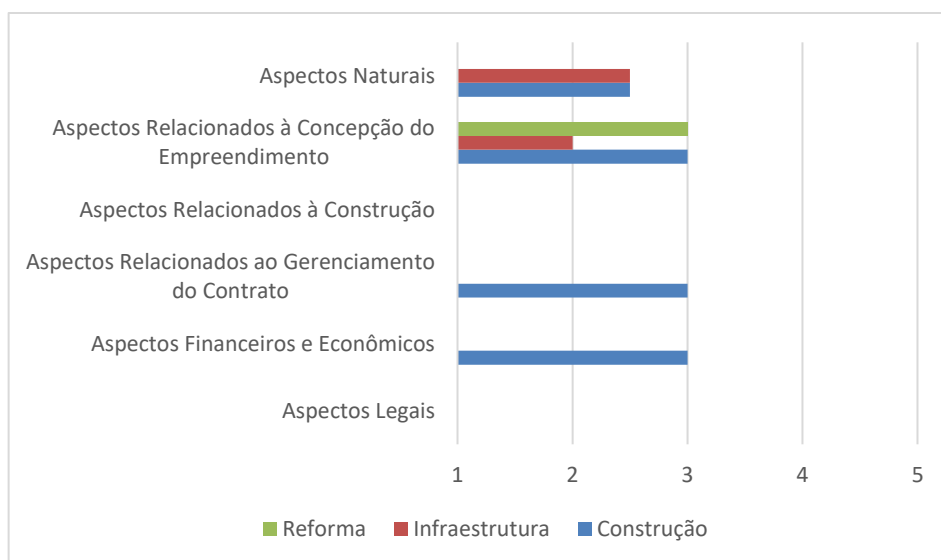
Desta forma, percebe-se que problemas com orçamento, projeto, especificação, planejamento e cronograma são os maiores causadores de aditivos em obras públicas. Com isso, os maiores esforços devem ser feitos nesses aspectos.

Conforme classificação exibida no item 2.6 Erros nos quantitativos do orçamento, segundo Ahmed et al. (2002), esse tipo de atraso é de responsabilidade do contratante, ou seja, o empreiteiro ganhará aumento de prazo e custos adicionais. Além disso, esse tipo de atraso se caracteriza como um atraso desculpável compensável (Finke, 1999; Ahmed et al., 2002; Palaneeswaran; Kumaraswamy, 2008), onde o contratado poderá receber valor adicional em

função disso e ganhará mais tempo para realizar o empreendimento, o que gera um acréscimo de valor no orçamento previsto.

Além do resultado de maneira geral, é possível dividir a influência de cada aspecto pelo tipo de obra. A Figura 14 apresenta os resultados para cada tipo de obra.

Figura 14: Influência de cada aspecto para cada tipo de obra



Fonte: autor (2020)

Em obras de infraestrutura, nenhum aspecto exerceu grande influência. Contudo, os aspectos naturais tiveram a maior mediana para obras de Infraestrutura. Este resultado mostra que as obras desse tipo estão mais sensíveis às alterações climáticas e problemas no solo. Isto provavelmente se deve ao fato de que esse tipo de obra normalmente ocorra em locais abertos sem proteção a intempéries.

Constatou-se que em obras de reforma o único aspecto com relevância foram os relacionados à concepção do empreendimento. Isto provavelmente se deve ao fato da dificuldade de quantificar os serviços e projetar uma obra de reforma por não saber ao certo o que pode ser encontrado no local, o que gera acréscimo e/ou alteração de serviços e, consequentemente, acréscimo de prazo.

Já em obras de Construção, nota-se que existem três aspectos com maior relevância que são os aspectos relacionados à concepção do empreendimento, os aspectos relacionados ao gerenciamento do contrato e os aspectos financeiros e econômicos.

Normalmente, uma obra de construção é maior, mais cara e possui muito mais projetos que obras de reforma e infraestrutura. Desta forma, problemas relacionados à concepção do empreendimento tem grande peso nesse tipo de obra.

Por serem obras normalmente mais caras, o atraso no pagamento de faturas gera um dano muito maior para a contratante, o que pode explicar a grande relevância dos aspectos financeiros e econômicos.

Devido à maior complexidade, maior planilha orçamentária e número de projetos, o gerenciamento desse tipo de contrato normalmente é mais complexo. Assim, qualquer falha nesse quesito pode gerar a necessidade de aditivo de prazo na obra.

Percebe-se na Figura 14 que os aspectos legais e relacionados com a construção praticamente não exerceram influência para o acréscimo de tempo nas obras estudadas de acordo com os respondentes.

Vale ressaltar que, embora o resultado do aspecto para algum tipo de obra tenha sido sinalizado como pouco influente ou nenhuma influência, existem alguns fatores isolados dentro deles com resultados relevantes como pôde ser visto nas análises anteriores.

Após as discussões e análise dos resultados, foi possível elaborar o Quadro 8 com os principais fatores que motivam aditamento de prazo encontrados, as ferramentas *Lean* que podem ser implementadas e seus benefícios.

Quadro 8: Ferramentas *Lean* e seus benefícios para cada fator motivador de atraso em obras públicas

Cod.	FATOR	FERRAMENTA LEAN	BENEFÍCIOS
2.6	Erros nos quantitativos do orçamento	<ul style="list-style-type: none"> • BIM/VDC • Pré-fabricação e Modularização • <i>Workshop</i> de projetos • Engenharia Simultânea • Padronização 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior precisão dos projetos/Redução de custos/Maior qualidade. • Simplificação das partes na hora de elaborar um orçamento e projeto. • Redução das dificuldades dos projetos e busca por soluções. • Redução de custo, prazo. Trabalho em equipe e redução das incompatibilidades. • Redução dos erros, projetos e sistemas já conhecidos.

Cod.	FATOR	FERRAMENTA LEAN	BENEFÍCIOS
2.1	Alterações nos projetos e especificações	<ul style="list-style-type: none"> • BIM/VDC • <i>Detailed Briefing</i> • Padronização • <i>Target Value Design</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior precisão dos projetos/Redução de custos/Maior qualidade. • Projeto elaborado utilizando as necessidades do cliente. • Redução dos erros. Projetos e sistemas já conhecidos. • Estimativas de custo e tempo. Valor do cliente é critério determinante.
2.8	Incompatibilidade de Projeto	<ul style="list-style-type: none"> • BIM/VDC • Engenharia simultânea • <i>Workshop</i> de projetos 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior precisão dos projetos/Redução de custos/Maior qualidade. • Redução de custo, prazo. Trabalho em equipe e redução das incompatibilidades. • Redução das dificuldades dos projetos e busca por soluções.
2.4	Erros de projeto	<ul style="list-style-type: none"> • BIM/VDC • Engenharia simultânea • <i>Workshop</i> de projetos • Padronização 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior precisão dos projetos/Redução de custos/Maior qualidade • Redução de custo, prazo. Trabalho em equipe e redução das incompatibilidades. • Redução das dificuldades dos projetos e busca por soluções. • Redução dos erros. Projetos e sistemas já conhecidos.
2.5	Cronograma Irrealista	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Target Value Design</i> • <i>Last Planner System</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimativas de custo e tempo. Valor do cliente é critério determinante. • Maior fidelidade ao cronograma.
2.3	Projetos Incompletos	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Workshop</i> de projetos • Padronização 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução das dificuldades dos projetos e busca por soluções. • Redução dos erros, projetos e sistemas já conhecidos.
5.1	Atrasos nos pagamentos pelo contratante	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Target Value Design</i> • <i>Last Planner System</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimativas de custo e tempo. Valor do cliente é critério determinante. • Maior fidelidade ao cronograma.
2.2	Ausência de projetos	<ul style="list-style-type: none"> • BIM/VDC • <i>Workshop</i> de projetos • Padronização 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior precisão dos projetos/Redução de custos/Maior qualidade. • Redução das dificuldades dos projetos e busca por soluções. • Redução dos erros. Projetos e sistemas já conhecidos.

		<ul style="list-style-type: none"> Engenharia Simultânea 	<ul style="list-style-type: none"> Redução de custo, prazo. Trabalho em equipe e redução das incompatibilidades.
4.2	Demora na aprovação de alterações contratuais	<ul style="list-style-type: none"> <i>Target Value Design</i> Padronização Engenharia Simultânea 	<ul style="list-style-type: none"> Estimativas de custo e tempo. Valor do cliente é critério determinante. Redução dos erros. Projetos e sistemas já conhecidos. Redução de custo, prazo. Trabalho em equipe e redução das incompatibilidades.

Fonte: autor (2020)

Além da aplicação do questionário em escala Likert, foram feitas três perguntas abertas aos respondentes. A primeira pergunta é qual o principal motivo para a existência de aditivos de prazo em obras públicas.

As respostas foram transcritas para um documento do *Microsoft Word* e foi aplicado o complemento *Pro Word Cloud* para gerar uma nuvem de palavras. O resultado pode ser verificado na Figura 15.

Figura 15: Nuvem de palavras sobre qual o principal motivo para a existência de aditivos de prazo em obras públicas.



Fonte: autor (2020)

A partir da Figura 15 verifica-se que há um destaque nas palavras Projetos, Orçamento e Incompatibilidade. Com isso, percebe-se que a grande maioria dos problemas apontados estão na fase de concepção e planejamento do empreendimento.

Foi perguntando também qual a sugestão para minorar a ocorrência de aditivo de prazo.

Netste quesito, foi sugerido, em grande maioria, uma revisão mais detalhada dos projetos, orçamento e especificações antes de licitar a obra. Além disso, alguns respondentes sugeriram um maior comprometimento do órgão público com o pagamento à contratada.

Uma das respostas que pode ser destacada foi:

Analisar projetos e especificações antes de licitar, buscando reduzir o número de pendências nesse sentido durante o decorrer da obra. Além disso é preciso melhorar o repasse de dinheiro para os órgãos públicos, evitando atraso no pagamento das faturas à contratada.

Os resultados gerais apontam para os aspectos relacionado à Concepção do Empreendimento como os maiores causadores de aditivos de prazo em obras públicas. A parte de Concepção do Empreendimento é de responsabilidade do órgão público e são fatores de mais fácil melhoria, pois podem ser resolvidos internamente.

Dos 9 principais fatores demonstrados na Figura 10, 7 estão relacionados com a Concepção do Empreendimento. Os principais problemas estão relacionados com erros de orçamento, erros ou ausência de projeto e erros de cronograma. Ou seja, estão intimamente ligados ao planejamento.

É possível considerar o kit completo de uma obra pública os pré-requisitos presentes na Lei nº 8.666 (BRASIL, 1993) que são: Projeto básico; orçamento detalhado; previsão de recursos orçamentários e contemplar o produto esperado nas metas estabelecidas no Plano Plurianual, quando for o caso.

Pode-se considerar que as obras são licitadas sem o seu kit completo ou com o seu kit completo inadequado, o que também causa perdas conforme mencionado por Koskela (2004). Desta forma, a falta de algum requisito ou a presença inadequada de algum deles geram perdas por *making-do* como o acréscimo de prazo e de custo.

Como a grande maioria dos problemas estão na fase preliminar à licitação, as ferramentas citadas do Quadro 1 podem ser de grande valia para minorar a ocorrência de aditivos de prazo.

O VDC/BIM pode ser utilizado para criar simulações e realizar o gerenciamento dos projetos de todas as disciplinas, a fim de reduzir as interferências e fazer a compatibilização adequada, diminuindo assim a necessidade de alterações. Além disso, através do modelo computacional é possível ter medidas mais exatas e os dados relevantes, o que torna o projeto mais claro e preciso (EASTMAN et al., 2014; BABOLOLA; IBEM; EZEMA, 2019).

O uso do BIM e do *Lean* em obras públicas já foi testado e teve sua eficiência comprovada. Como citado anteriormente, Umstot, Fauchie e Alves (2014) compararam durante 7 anos empreendimentos públicos que utilizaram BIM e *Lean* com empreendimento que não utilizaram em uma instituição pública em San Diego – EUA. Os resultados demonstraram um aumento em 15% no número de obras encerradas dentro do cronograma proposto inicialmente.

O TVD foi identificado por Moyane, Emue e Crafford (2018) como uma ferramenta *Lean* em projetos públicos da África do Sul. O uso do TVD pode auxiliar a agregar valor ao produto, utilizando os requisitos do cliente como fator determinante de projeto. Muitas obras públicas, depois de executadas, não atendem a real necessidade do cliente, sendo necessárias adequações antes do uso do empreendimento.

O uso da Engenharia Simultânea pode contribuir para um trabalho mais colaborativo, onde as atividades sejam desenvolvidas em paralelo e não em sequência (SOHLENIUS, 1992; HUOVILA, KOSKELA; LAUTANALA, 1997; BABOLOLA; IBEM; EZEMA, 2019). Desta forma, o resultado é um projeto mais funcional e um produto de maior qualidade.

A pré-fabricação, modularização e padronização pode ser executado a fim de reduzir partes para produção e diminuir o número de novos projetos (KOSKELA, 1992). Além disso, existem a aprendizagem por melhoria contínua, quanto mais um projeto padrão é executado, mais falhas são verificadas e corrigidas visando a excelência (KOSKELA, 1992). Outro fator importante é que a padronização que facilita o trabalho da manutenção durante o uso do empreendimento, pois são necessários menos itens para comprar para dar manutenção nas obras.

5 CONCLUSÕES

Por meio do Mapeamento Sistemático da Literatura, percebeu-se que existem poucas pesquisas até o ano de 2019 sobre o uso do *Lean* em obras públicas e elas se concentram em países desenvolvidos como Estados Unidos e Noruega. Contudo, mais de um terço das pesquisas encontradas são dos últimos 2 anos, o que mostra uma crescente no interesse sobre esses temas.

Foram obtidos os dados dos contratos de obras do Poder Executivo no estado de Sergipe, entre janeiro de 2013 e abril de 2019, através do Portal da Transparência. Ao analisar esses dados, foram encontrados 73 contratos em que 43 deles tiveram aditivos de prazo, ou seja, 58.90% dos contratos.

Ademais, foi verificado que em média, o prazo é aumentado em 96,92% do seu valor inicial, o que significa que as obras, em média, terminam com o dobro do prazo inicialmente contratada.

Ao analisar os dados obtidos nos questionários, verifica-se que, de modo geral, os fatores relacionados à concepção do empreendimento são os maiores responsáveis por aditivos de prazo nas obras estudadas, o que está de acordo com os pressupostos apresentados nessa pesquisa. Cita-se como exemplo: problemas relacionados a erros de orçamento, erros de projeto, ausência e incompatibilidade de projeto, cronograma irrealista, alterações nos projetos e especificações durante a execução do contrato. Além desses fatores, destacaram-se os atrasos de pagamento e demora na aprovação de alterações contratuais.

Nas obras de Infraestrutura menos fatores relevantes foram encontrados, que pode ser explicado por normalmente serem obras de menor complexidade e consequentemente terem menos projetos e planilhas orçamentárias menores. Os fatores mais representativos foram: a demora na aprovação de alterações contratuais, problemas no solo, erros no orçamento, erros de projetos e alterações de projetos e especificações.

Em obras de Reforma, foram obtidos mais fatores em destaque quando comparado com obras de Infraestrutura. Assim como no resultado geral, destacaram-se fatores relacionados com a concepção do empreendimento. Obras de reforma são mais difíceis de serem quantificadas e projetadas, pois, a real situação do empreendimento, muitas vezes, é desconhecida, o que faz com que se necessite de várias alterações em projetos e orçamento.

Quando foram analisadas apenas as obras de Construção, foram obtidos o maior número de fatores relevantes. Normalmente, obras de construção são mais complexas e maiores que

demais tipos de obras, o que gera uma planilha com muito mais itens e um maior número de projetos sujeito a erros. Destacaram-se o atraso nos pagamentos pelo Contratante, erros no orçamento, cronograma irrealista, incompatibilidade de projeto e demora na aprovação de alterações contratuais.

Com relação à comparação entre os três tipos de obras verificou-se que, embora a grande maioria dos fatores esteja ligado à concepção do empreendimento, há uma pequena diferença entre os fatores que causam prorrogação de prazo. Obras de construção se mostraram mais sensíveis a atrasos de pagamentos em relação a outros tipos de obras, já obras de infraestrutura apresentaram uma maior sensibilidade a fatores ligados a aspectos naturais que nas demais obras, enquanto obras de reforma sofrem mais com alterações com as alterações nas especificações e erros no quantitativo do orçamento.

Desta forma, ferramentas *Lean* ligadas à prática de projetos de engenharia como o VDC/BIM, o TVD, a padronização, a modularização, a pré-fabricação e a engenharia simultânea se mostram alternativas viáveis para serem adotadas pelos órgãos públicos como ferramentas e diretrizes de projetos. Tais ferramentas são aplicáveis antes de fase de licitação, assim, não dependem da empresa ganhadora da obra, o que facilita mais ainda a sua implementação.

As limitações desta pesquisa estão no fato de terem sido analisadas apenas obras do Poder Executivo no estado de Sergipe. Além disso, a amostra conseguida foi de apenas 21 respondentes e toda a análise foi feita a partir da visão dos empreiteiros, excluindo-se a visão dos gestores públicos.

Por fim, como sugestão para trabalhos futuros podem ser verificadas as percepções dos outros *stakeholders* do processo de construção de obra pública, também podem ser verificados órgãos públicos que implementem alguma ferramenta *Lean* como o BIM, devido à sua futura obrigatoriedade, e comparar as obras antes e depois dessa implementação. Ademais, trabalhos sobre a maturidade BIM e a maturidade *Lean* aplicados em diferentes órgãos públicos podem dar um bom panorama sobre como estão sendo implantados e quais foram as dificuldades encontradas.

REFERÊNCIAS

- AGU. Advocacia Geral da União. **Manual de obras e serviços de engenharia: fundamentos da licitação e contratação**. Manoel Paz e Silva Filho. Brasília: AGU, 140 p., 2014.
- AHMED, S. M.; AZHAR, S.; CASTILLO, M.; KAPPAGANTULA, P. Construction delays in Florida: An empirical Study, In: ANNUAL CONFERENCE OF ASC PROCEEDINGS, 39st, 2002, Florida. **Proceedings**, Florida, 2002.
- AL-HAZIM, N.; ABUSALEM, Z. Delay and cost overrun in road construction projects in Jordan. **International Journal of Engineering & Technology**, v. 4, n. 2, p. 288, 2 abr. 2015.
- ALTOUNIAN, C. S. **Obras Públicas: Licitação, Contratação, Fiscalização e Utilização**. 3. ed. rev. e atual. e ampl. Belo Horizonte: Editora Fórum, 2012.
- ALVARENGA, F. C. **Análise das causas de aditivos de custo e de prazo em obras públicas de instituições federais de ensino**. 2019. 114p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.
- BABALOLA, O.; IBEM, E. O.; EZEMA, I. C. Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review. **Building and Environment**, v. 148, p. 34–43, janeiro 2019.
- BAJJOUI, M. S.; CHAFI, A. Lean construction implementation in the Moroccan construction industry. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 16, n. 4, p. 533–556, 29 mai. 2018.
- BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control**. 2000. 192 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade de Birmingham, Birmingham, 2000.
- BERNSTEIN, H. M. et al. **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets**. Bedford: McGraw Hill Construction, 2014.
- BRASIL, P. C.; SALGADO, M. A influência da gestão do processo de projeto na durabilidade das edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora. 2012 p. 3726-3735.
- BRASIL. **Lei nº 8666, de 21 de junho de 1993**. Institui normas para licitações e contratos da Administração Pública, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18666cons.htm>. Acesso em: 01 fev. 2019
- _____. **Decreto nº 3.555, de 08 de agosto de 2000**. Aprova o Regulamento para a modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens de consumo. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3555.htm>. Acesso em 03 fev. 2019.
- _____. **Lei nº 10.520, de 17 de julho de 2002**. Institui, no âmbito da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, nos termos do art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras

providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2002/L10520.htm>. Acesso em: 03 fev. 2019

_____. **Decreto nº 5.450, de 31 de maio de 2005**. Regulamenta o pregão, na forma eletrônica, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5450.htm>. Acesso em 03 fev. 2019.

_____. **Decreto nº 9.412, de 18 de junho de 2018**. 2018a. Atualiza os valores das modalidades de licitação de que trata o art. 23 da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Diário Oficial [da] República Federativa do União, Brasília, DF, 19 de junho de 2018 (B). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9412.htm>. Acesso em: 04 mar. 2019.

_____. **Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018**. 2018b. Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling. Diário Oficial [da] República Federativa do União, Brasília, DF, 18 de maio de 2018 (A). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Decreto/D9377.htm>. Acesso em: 15 abr. 2019.

_____. Secretaria de Estado da Administração e Patrimônio. **Manual de Obras Públicas – Edificações – Práticas da SEAP: Construção**. Brasília, DF, 1997. Disponível em: <<https://portalgeoobras.tce.mg.gov.br/docs/OT%20IBEC.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2019.

_____. PORTAL DA TRANSPARÊNCIA, 2019

BRETAS, E. S. **O processo de projetos de edificações em instituições públicas: proposta de um modelo simplificado de coordenação**. 2010. 134p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

BRITO, L. **Fatores críticos de sucesso para implantação de *Building Information Modelling* (BIM) por organizações públicas**. 2019. Dissertação (Mestrado) – programa de pós Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica. Bahia. Salvador. 2019.

BROWNING, T. R. Process integration using the design structure matrix. **Systems Engineering**, v.5, n 3, p. 180-193, 2002.

BYGBALLE, L. E.; ENDRESEN, M.; FÅLUN, S. The role of formal and informal mechanisms in implementing lean principles in construction projects. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 25, n. 10, p. 1322–1338, 19 nov. 2018.

CAMPOS, C. O. **Termo de referência para o gerenciamento de projetos integrados em uma instituição pública**. 2010. 137p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

DOOLEY, K.; SORMUNEN, P. Capturing the stakeholder values of construction project. In: SB10 FINLAND SUSTAINABLE COMMUNITY, Espoo. **Proceedings**, Espoo, 2010.

DURDYEV, S.; HOSSEINI, M. R. Causes of delays on construction projects: a comprehensive list. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. ahead of print, n. ahead of print, 23 maio 2019.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 1. Ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2014.

EMUZE, F.; SMALLWOOD, J.; HAN, S. Factors contributing to non-value adding activities in South African construction. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 12, n. 2, p. 223–243, 29 abr. 2014.

FINKE, M. R. Window analyses of compensable delays. **Journal of Construction engineering and Management**, v. 125, n. 2, p. 96–100, mar./abr. 1999.

FORMOSO, C. T. Lean Construction: princípios básicos e exemplos. In: **Construção Mercado**: custos, suprimentos, planejamento e controle de obras. Porto Alegre, v. 15, p. 50-58, 2002.

GHINATO, P. Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In: **Produção e Competitividade**: Aplicações e Inovações. Ed.: Almeida & Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife, 2000.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200p.

HERRERA, R. F.; MOURGUES, C.; ALARCÓN, L. F. Assessment of Lean Practices, Performance and Social Networks in Chilean Airport Projects In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 26st, 2018, Chennai, India. **Proceedings**, Chennai, India, 2019. p.603-613.

HOFACKER, A. **Implications of lean thinking on the procurement process of public buildings**. 2007. 113p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil no Setor Tecnológico) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007

HOWELL, G. What is lean construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7, 1999, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley, 1999.

HUOVILA, P.; KOSKELA, L.; LAUTANALA, M. Fast or concurrent: The art of getting construction improved In: ALARCÓN, L. (Org.). **Lean Construction**. Santiago: A.A. Balkema, Rotterdam, 1997.

INBEC. Instituto Brasileiro de engenharia de Custos. **Elaboração de orçamentos de referências de obras públicas**: versão para órgãos contratantes. 2011.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; DE CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. C. L. **Lean construction**: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000. Série SEBRAE Construção Civil, Vol. 5.

KALIBA, C. **Cost escalation, schedule overruns and quality shortfalls on construction projects**. 2010. Master Thesis (Master in Civil Engineering) – The University of Zambia, Lusaka, 2010.

KITCHENHAM, B. A. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Version 2.3, EBSE **Technical Report**, Keele University and University of Durham, UK. 2007.

KONDA, B. M.; MANDAVA, K. K. **A Systematic Mapping Study on Software Reuse**. 2010, 93p. Master Thesis (Master of Science in Software Engineering). School of Engineering. Blekinge Institute of Technology. Sweden. 2010.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. **Technical Report n° 72**. Center for Integrated Facility Engineering. Stanford University, 1992, 87p.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. 296p. Thesis (Doctor). Espoo, Finlândia: VTT. 2000.

KOSKELA, L. Making-do: the eight category of waste. In: ANNUAL CONFERENCE ON THE INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION, 12th, Elsinore, Denmark. 2004. **Proceedings...** Denmark, 2004, 10p.

KUNZ, J.; FISCHER, M. Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestion. **Working Paper**. Center for Integrated Facility Engineering. Stanford University, 2012, 53p.

LARSEN, J. K.; SHEN, G. Q.; LINDHARD, S. M.; BRUNOE, T. D. Factors Affecting Schedule Delay, Cost Overrun, and Quality Level in Public Construction Projects. **Journal of Management in Engineering**, v. 32, n. 1, p. 04015032, jan. 2016.

MARTINS, G. A. **Estatística geral e aplicada**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MARTINS, G. A.; DOMINGUES. O. **Estatística geral e aplicada**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2011

MELO, R. S. S.; GRANJA, A. D.; BALLARD, G. Collaboration to extend target costing to non-multiparty contracted projects: evidence from literature. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 21st, 2013, Fortaleza. **Proceedings**, Fortaleza, 2013. p.1-10.

MONYANE, T. G.; EMUZE, F. A.; CRAFFORD, G. Identification of Lean Opportunities in a South African Public-Sector Projects Cost Management Framework In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 26st, 2018, Chennai, India. **Proceedings**, Chennai, India, 2018. p.1185-1194.

MOTTA, P. C. D. Ambigüidades metodológicas do *just-in-time*. In: ENCONTRO ANUAL DA ANPAD, 17. , Salvador, 1993. **Anais...** Salvador, v.3, p. 46-57.

NEVES, A. A. F; SALES, V. C. W; CARDOSO, D. R; BARROS NETO, J. P. Análise dos aspectos colaborativos na gestão de projetos e obras de empreendimentos públicos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 1., 2017, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza. 2017 p. 166-173.

NEVES, A. A. F.; SALES, V. C. W.; CARDOSO, D. R.; BARROS NETO, J. P. Guidelines for Public Project Design Development *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 26st, 2018, Chennai, India. **Proceedings**, Chennai, India, 2019. p.560-570.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre, RS: Bookman, 1997. 149 p.

OLIVEIRA, J.; MELHADO, S. O papel do projeto em empreendimentos públicos: dificuldades e possibilidades em relação à qualidade. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, Universidade Federal de Santa Maria, 2002.

PALANEESWARAN, E.; KUMARASWAMY, M. M. An integrated decision support system for dealing with time extension entitlements. **Automation in Construction**, v. 17, n. 4, p. 425–438, maio 2008.

PHILIPPSEN JUNIOR, L. A.; FABRICIO, M. M. Avaliação da gestão e coordenação de projetos - aspecto qualidade - de obras públicas vinculadas à Lei n.º 8.666/93. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 2011, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ. 2011 p. 518-527.

PITTA, J; TRAMONTANO, M. C. BIM and public administration: the Brazilian case. In: ASSOCIATION FOR COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA - CAADRIA, 2017, Hong Kong. **Proceedings...** Hong Kong, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/002833239>>. Acesso em 06 de abril de 2020.

RONEN, B. The complete kit concept. **International Journal of Production Research**, London, v. 30, n. 10, p. 2457-2466, Oct. 1992.

ROSAS, E. Integrating the design structure matrix and the last planner system into building design. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 21st, 2013, Fortaleza. **Proceedings**, Fortaleza, 2013. p. 389-398.

SANTOS, H. P. **Diagnóstico e Enálise das Causas de Aditivos Contratuais de Prazo e Valor em Obras de Edificações em Uma Instituição Pública**. 2015. 171p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

SANTOS, H. P.; STARLING, C. M. D.; ANDERY, P. R. P. Um estudo sobre as causas de aumentos de custos e de prazos em obras de edificações públicas municipais. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 4, p. 225–242, dez. 2014.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. 291p.

SOHLENIUS, G. Concurrent Engineering. **Annals of the CIRP**, v.41/2, p.645-655, 1992.

TCU. Tribunal de Contas da União **Obras públicas**: recomendações básicas para a contratação e fiscalização de obras de edificações públicas. 4. ed, Brasília, TCU, SECOB, 2014.

UMSTOT, D.; FAUCHIER, D.; ALVES, T. DA C. L. Metrics of Public Owner Success in Lean

Design, Construction, and Facilities Operations and Maintenance. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. 22th, Oslo, Noruega 2014. **Proceedings...** Noruega, 2014.

VALENTE, A. C. C.; AIRES, V. M. **Gestão de projetos e Lean Construction**: uma abordagem prática e integrada. 1. Ed. Curitiba: Editora Appris, 2017

VINUTO, J. A amostragem bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto. **Temáticas**, Campinas, nº 44, 2014, IFCH-UNICAMP.

WEBER, L. E.; SANTOS, D. G. *Lean construction* e obras públicas: um mapeamento sistemático na literatura. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO e VIII ENCUESTRO LATINOAMERICANO DE GESTIÓN Y ECONOMÍA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2019, Londrina. **Proceedings...** Londrina, 2019.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking**: Banish waste and create wealth in your corporation. 2. Ed. New York: Free Press, 2003.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**: baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology sobre o futuro do automóvel. 10^a edição. Rio de Janeiro: Editora Campus LTDA, 1992.

WONDIMU, P. A.; KLAKEGG, O. J.; LÆDRE, O.; BALLARD, G. A Comparison of Competitive Dialogue and Best Value Procurement In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 26st, 2018, Chennai, India. **Proceedings**, Chennai, India, 2019. p.13-22.

ZIDANE, Y. J. T; ANDERSEN, B. The top ten universal delay factors in construction projects. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 1, n. 3, p. 650-672, 2018.

ZIMINA, D.; BALLARD, G.; PASQUIRE, C. Target value design: using collaboration and a lean approach to reduce construction cost. **Construction Management and Economics**, v. 30, P. 383-398, maio 2012.

APÊNDICE A - Questionário para a identificação das principais causas de aditivo de prazo em obras públicas pelos empreiteiros



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Título do Trabalho: Aditivos de prazo em obras públicas: uma análise sob a ótica dos empreiteiros e a aplicabilidade dos princípios enxutos

Mestrando: Lucas Eduardo Weber

Orientadora: Débora de Gois Santos

Este questionário faz parte de uma pesquisa para Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe.

O objetivo dessa pesquisa é identificar as principais causas de aditivo de prazo em obras públicas.

Identificação da empresa

1. Razão Social: _____
2. Endereço: _____
3. Porte: () Micro () Pequena () Média
4. Segmento da atividade principal: _____
5. Ano de Fundação: _____
6. Há quantos anos realiza obras públicas: _____

Identificação do respondente

1. Nome: _____
2. Função na empresa: _____
3. Tempo de trabalho na empresa: _____
4. Tempo na função: _____
5. Tempo de trabalho com obra pública: _____
6. Escolaridade: _____
7. Formação profissional: _____

Identificação da obra

1. Objeto: _____
2. Órgão Público: _____
3. Vigência do contrato: _____ até _____
4. Valor do contrato: _____

Causas dos aditivos de prazo nas obras

Para responder às questões seguintes, preencha os espaços entre parênteses, conforme escala abaixo:

Nenhuma Influência	Pouca Influência	Média Influência	Muita Influência	Influência Determinante
1	2	3	4	5

Escolha o número que melhor representa sua opinião para responder a seguinte pergunta:

QUAL A INFLUÊNCIA DESTE FATOR PARA A OCORRÊNCIA DE ADITIVO DE PRAZO NA OBRA EM QUESTÃO?

Cod. do fator	Fator					
	ASPECTOS NATURAIS					
1.1	Condições climáticas desfavoráveis	1	2	3	4	5
1.2	Problemas no solo	1	2	3	4	5
	ASPECTOS RELACIONADOS À CONCEPÇÃO DO EMPREENDIMENTO					
2.1	Alterações nos projetos e especificações	1	2	3	4	5
2.2	Ausência de projetos	1	2	3	4	5
2.3	Projetos Incompletos	1	2	3	4	5
2.4	Erros de projeto	1	2	3	4	5
2.5	Cronograma Irrealista	1	2	3	4	5
2.6	Erros nos quantitativos do orçamento	1	2	3	4	5
2.7	Complexidade dos projetos	1	2	3	4	5
2.8	Incompatibilidade de projeto	1	2	3	4	5
2.9	Falta de clareza nos projetos	1	2	3	4	5
2.10	Falta de clareza no memorial descritivo	1	2	3	4	5
	ASPECTOS RELACIONADOS À CONSTRUÇÃO					
3.1	Falta de mão de obra qualificada	1	2	3	4	5
3.2	Desempenho ruim das empresas terceirizadas	1	2	3	4	5
3.3	Falta de disponibilidade de equipamento	1	2	3	4	5

3.4	Mau estado de conservação dos equipamentos utilizados	1	2	3	4	5
3.5	Baixa produtividade dos equipamentos	1	2	3	4	5
3.6	Erros construtivos que geraram retrabalho	1	2	3	4	5
3.7	Atraso na compra dos materiais	1	2	3	4	5
3.8	Condições encontradas no canteiro diferente das previstas	1	2	3	4	5
3.9	Atraso na entrega dos materiais	1	2	3	4	5
3.10	Problemas relacionados à segurança do trabalho	1	2	3	4	5
3.11	Mau dimensionamento da mão de obra	1	2	3	4	5
3.12	Atrasos em ensaios ou testes	1	2	3	4	5
3.13	Escassez dos materiais no mercado	1	2	3	4	5
3.14	Problemas com a qualidade dos materiais comprados	1	2	3	4	5
3.15	Greve dos colaboradores	1	2	3	4	5
3.16	Ausência de melhor tecnologia empregada no serviço	1	2	3	4	5
	ASPECTOS RELACIONADOS AO GERENCIAMENTO DO CONTRATO					
4.1	Demora na liberação de frente de serviços pelo Contratante	1	2	3	4	5
4.2	Demora na aprovação de alterações contratuais (replanilhamentos e aditivos de prazo)	1	2	3	4	5
4.3	Demora na tomada de decisão (busca por solução) pelo contratante na ocorrência de algum problema	1	2	3	4	5
4.4	Interferência de terceiros	1	2	3	4	5
4.5	Falta de um representante capaz da Administração	1	2	3	4	5
4.6	Demora na conferência dos serviços pela equipe de fiscalização	1	2	3	4	5
4.7	Greve do Órgão público	1	2	3	4	5
	ASPECTOS FINANCEIROS E ECONÔMICOS					
5.1	Atrasos nos pagamentos pelo Contratante	1	2	3	4	5
5.2	Alta flutuação nos preços dos materiais	1	2	3	4	5
5.3	Dificuldades financeiras da empresa	1	2	3	4	5
5.4	Preço do orçamento de referência não realista	1	2	3	4	5
	ASPECTOS LEGAIS					
6.1	Alterações nas leis	1	2	3	4	5
6.2	Alterações nas Normas	1	2	3	4	5
6.3	Sanções impostas por algum órgão fiscalizador (CREA, Ministério do Trabalho, IPHAN etc.)	1	2	3	4	5
6.4	Ausência de documentos legais (Licenças ambientais, autorizações do IPHAN etc.)	1	2	3	4	5

- 1 Qual o principal motivo para a existência de aditivos de prazo em obras públicas?

- 2 Qual a sua sugestão para minorar a ocorrência de aditivos de prazo?

- 3 Qual a principal barreira para a aplicação da sugestão mencionada?

Agradecemos a participação.

A identidade dos respondentes, assim como da empresa, será preservada.

Os dados e respostas obtidas serão utilizados para a análise dos resultados da pesquisa.

APÊNDICE B – Testes estatísticos de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney

KRUSKAL-WALLIS

Variável dependente:

1.1 Condições climáticas desfavoráveis

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Infraestrutura	9	0	2	1	3
Construção	6	0	3,5	1,75	4,25
Reforma	6	0	2	1	2,25

H = 3,273 com 2 graus de liberdade. (P = 0,195)

Variável dependente:

1.2 Problemas no solo

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Infraestrutura	9	0	3	1	4
Construção	6	0	2	1	3,5
Reforma	6	0	1	1	1,75

H = 2,992 com 2 graus de liberdade. (P = 0,224)

Variável dependente:

2.1 Alterações nos projetos e especificações

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Infraestrutura	9	0	3	2	5
Construção	6	0	3,5	2,75	4,25
Reforma	6	0	4	3	5

H = 0,738 com 2 graus de liberdade. (P = 0,691)

Variável dependente:

2.2 Ausência de projetos

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Infraestrutura	9	0	2	1	4
Construção	6	0	3,5	1,75	4
Reforma	6	0	3	1,75	4

H = 0,468 com 2 graus de liberdade. (P = 0,791)

Variável dependente:
2.3 Projetos Incompletos

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Infraestrutura	9	0	2	1,5	4
Construção	6	0	3	1,75	4
Reforma	6	0	3,5	1,75	4,25

H = 0,827 com 2 graus de liberdade. (P = 0,661)

Variável dependente:
2.4 Erros de projeto

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Infraestrutura	9	0	3	1,5	5
Construção	6	0	3	1,75	4
Reforma	6	0	3	1,75	4

H = 0,0211 com 2 graus de liberdade. (P = 0,989)

Variável dependente:
2.5 Cronograma Irrealista

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Infraestrutura	9	0	2	1	3
Construção	6	0	4	3	5
Reforma	6	0	2,5	1,75	3,25

H = 5,986 com 2 graus de liberdade. (P = 0,050)

Variável dependente:
2.6 Erros nos quantitativos do orçamento

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Infraestrutura	9	0	3	2,5	4
Construção	6	0	4	3,75	5
Reforma	6	0	4	3	5

H = 5,687 com 2 graus de liberdade. (P = 0,058)

Variável dependente:
2.8 Incompatibilidade de projeto

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
-------	---	---------	---------	-----	-----

Infraestrutura	9	0	2	1,5	4,5
Construção	6	0	4	2,5	4,25
Reforma	6	0	3	1,75	4

H = 0,928 com 2 graus de liberdade. (P = 0,629)

Variável dependente:

4.1 Demora na liberação de frente de serviços pelo Contratante

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Infraestrutura	9	0	1	1	2,5
Construção	6	0	3,5	1	4
Reforma	6	0	1,5	1	2,25

H = 3,196 com 2 graus de liberdade. (P = 0,202)

Variável dependente:

4.2 Demora na aprovação de alterações contratuais (replanilhamentos e aditivos de prazo)

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Infraestrutura	9	0	3	1	3
Construção	6	0	4	2,5	4,25
Reforma	6	0	2,5	1	3

H = 4,225 com 2 graus de liberdade. (P = 0,121)

Variável dependente:

4.3 Demora na tomada de decisão (busca por solução) pelo contratante na ocorrência de algum problema

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Infraestrutura	9	0	1	1	2
Construção	6	0	3	3	3,25
Reforma	6	0	2,5	1	3,25

H = 8,878 com 2 graus de liberdade. (P = 0,012)

Variável dependente:

4.4 Interferência de terceiros

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
-------	---	---------	---------	-----	-----

Infraestrutura	9	0	2	1	3,5
Construção	6	0	3	2	3,25
Reforma	6	0	1,5	1	3

H = 2,542 com 2 graus de liberdade. (P = 0,281)

Variável dependente:

5.1 Atrasos nos pagamentos pelo
Contratante

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Infraestrutura	9	0	2	1	3
Construção	6	0	5	3,25	5
Reforma	6	0	3	1,75	3

H = 6,027 com 2 graus de liberdade. (P = 0,049)

Variável dependente:

5.2 Alta flutuação nos preços dos materiais

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Infraestrutura	9	0	1	1	3
Construção	6	0	3	1,75	4
Reforma	6	0	1	1	2

H = 5,114 com 2 graus de liberdade. (P = 0,078)

Variável dependente:

5.4 Preço do orçamento de referência não
realista

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Infraestrutura	9	0	1	1	1,5
Construção	6	0	3	1,75	4,25
Reforma	6	0	1,5	1	3,25

H = 7,091 com 2 graus de liberdade. (P = 0,029)

MANN-WHITNEY

Variável dependente: 4.3 InfraestruturaXConstrução

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Infraestrutura	9	0	1	1	2

Construção	6	0	3	3	3,25
------------	---	---	---	---	------

Mann-Whitney U *Statistic*= 2,500

T = 72,500 n(*small*)= 6 n(*big*)= 9 (P = 0,003)

Variável dependente: 4.3 ConstruçãoXReforma

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Reforma	6	0	2,5	1	3,25
Construção	6	0	3	3	3,25

Mann-Whitney U *Statistic*=
10,500

T = 31,500 n(*small*)= 6 n(*big*)= 6 P(est.)= 0,209 P(exact)= 0,240

Variável dependente: 4.3 InfraestruturaXReforma

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Reforma	6	0	2,5	1	3,25
Infraestrutura	9	0	1	1	2

Mann-Whitney U *Statistic*=
16,500

T = 58,500 n(*small*)= 6 n(*big*)= 9 (P = 0,208)

Variável dependente: 5.1 InfraestruturaXConstrução

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Infraestrutura	9	0	2	1	3
Construção	6	0	5	3,25	5

Mann-Whitney U *Statistic*=
10,000

T = 65,000 n(*small*)= 6 n(*big*)= 9 (P = 0,043)

Variável dependente: 5.1 ConstruçãoXReforma

Grupo	N	Missing	Mediana	25%	75%
Reforma	6	0	3	1,75	3
Construção	6	0	5	3,25	5

Mann-Whitney U *Statistic*= 5,500

T = 26,500 n(*small*)= 6 n(*big*)= 6 P(*est.*)= 0,046 P(*exact*)= 0,041

Variável dependente: 5.1 InfraestruturaXReforma

Grupo	N	<i>Missing</i>	Mediana	25%	75%
Reforma	6	0	3	1,75	3
Infraestrutura	9	0	2	1	3

Mann-Whitney U *Statistic*=
19,000

T = 56,000 n(*small*)= 6 n(*big*)= 9 (P = 0,350)

Variável dependente: 5.4 InfraestruturaXConstrução

Grupo	N	<i>Missing</i>	Mediana	25%	75%
Infraestrutura	9	0	1	1	1,5
Construção	6	0	3	1,75	4,25

Mann-Whitney U *Statistic*= 6,500

T = 68,500 n(*small*)= 6 n(*big*)= 9 (P = 0,010)

Variável dependente: 5.4 ConstruçãoXReforma

Grupo	N	<i>Missing</i>	Mediana	25%	75%
Reforma	6	0	1,5	1	3,25
Construção	6	0	3	1,75	4,25

Mann-Whitney U *Statistic*=
10,500

T = 31,500 n(*small*)= 6 n(*big*)= 6 P(*est.*)= 0,249 P(*exact*)= 0,240

Variável dependente: 5.4 InfraestruturaXReforma

Grupo	N	<i>Missing</i>	Mediana	25%	75%
Reforma	6	0	1,5	1	3,25
Infraestrutura	9	0	1	1	1,5

Mann-Whitney U *Statistic*=
17,500

T = 57,500 n(*small*)= 6 n(*big*)= 9 (P = 0,204)